

急性脑梗死机械取栓治疗的研究进展

张峰*, 李鹏, 井山泉, 高金玲

【摘要】 随着人们生活模式及饮食结构的改变,急性脑梗死已成为诱发老年患者死亡、残疾的重要原因,且患者一旦发病极易引发瘫痪等一系列并发症,不仅增加患者的经济负担,还给予身心带来伤害。当前临床治疗主要采用动脉内溶栓、机械取栓、静脉溶栓等方式。本文主要介绍了机械取栓治疗急性脑梗死的研究现状,并对机械取栓与动脉内溶栓的治疗效果及可能出现的并发症进行分析比较,结果显示,与动脉内溶栓治疗相比,采用支架机械取栓治疗所获得的治疗效果更好,且继发性脑栓塞、术后脑出血和脑血管痉挛等并发症发生的可能性大幅降低,尤其对于急性脑梗死患者其治疗效果更好。

【关键词】 急性脑梗死; 支架; 机械溶栓; 治疗结果

【中图分类号】 R 743.33 **【文献标识码】** A DOI: 10.3969/j.issn.1007-9572.2017.04.y05

张峰,李鹏,井山泉,等.急性脑梗死机械取栓治疗的研究进展[J].中国全科医学,2017,20(27):3332-3337. [www.chinagp.net]

ZHANG F, LI P, JING S Q, et al. Recent developments in mechanical thrombectomy for the treatment of acute cerebral infarction [J]. Chinese General Practice, 2017, 20 (27): 3332-3337.

Recent Developments in Mechanical Thrombectomy for the Treatment of Acute Cerebral Infarction ZHANG Feng*, LI Peng, JING Shan-quan, GAO Jin-ling

Department of Neurosurgery, the First Hospital of Hebei Medical University, Shijiazhuang 050031, China

*Corresponding author: ZHANG Feng, Associate chief physician, Associate professor; E-mail: 494101763@qq.com

【Abstract】 With the change of people's lifestyle and dietary structure, acute cerebral infarction has become an important cause of death and disability in elderly patients, and it is very easy to cause a series of complications such as paralysis, which not only increases the patient's financial burden, but also brings harm to their body and mind. The current clinical treatments are mainly intra arterial thrombolysis, mechanical thrombectomy and intravenous thrombolysis. This paper mainly introduces the research status of mechanical thrombectomy in the treatment of acute cerebral infarction, and analyzes the therapeutic effect of mechanical thrombectomy and intra arterial thrombolysis, the results showed that compared with intra arterial thrombolysis, the therapeutic effect of mechanical thrombectomy was better, and the possibility of the occurrence of secondary cerebral embolism, postoperative cerebral hemorrhage and cerebral vasospasm and other complications was reduced greatly, especially for better patients with acute cerebral infarction.

【Key words】 Brain Infarction; Stent; Mechanical thrombolysis; Treatment outcome

急性脑梗死是缺血性卒中(IS)的急重型发作类型,常造成患者脑部功能障碍,且发病率较高^[1-3]。学者们发现之所以会出现这种情况,是由于患者脑动脉发生粥样硬化或者是出现血栓脱落,进而造成患者脑部缺氧并进一步引发的病变^[4]。目前,由于人们生活条件和饮食结构的变化,急性脑梗死在全世界范围内均较常见,且发生率越来越高,成为引发老年人残疾和死亡的重要因素之一,已引起国际社会广泛的关注。一般来

说,患者一旦发病可能出现脑出血症状,其他并发症的发病率也比较高,且不易得到有效控制^[5]。急性脑梗死治疗初期采用闭塞脑动脉早期再灌注方法,以帮助患者尽快恢复神经功能,并更有效地控制病情^[6]。此外,常采用的治疗方法还有静脉溶栓、机械取栓和动脉内溶栓,或者是在基础治疗基础上再采用血管再通手段进一步治疗^[3,7]。本文主要围绕国内外学者针对机械取栓治疗急性脑梗死的相关文献进行综述。

1 机械取栓治疗的时间窗

一般来说,静脉溶栓对于急性脑梗死早期患者的治疗效果是显著的,其实质是通过尿激酶进行溶栓治疗^[8]。虽然静脉溶栓技术相对比较成熟,但客观上仍然存在溶栓时间窗短的局限性^[9]。随着医疗技术的进步,

基金项目:河北省医学重点课题(20150645)

050031 河北省石家庄市,河北医科大学第一医院神经外科

*通信作者:张峰,副主任医师,副教授;

E-mail: 494101763@qq.com

机械取栓等血管再通技术得到较大发展,其在血管再通方面取得了良好的治疗效果,临床推广价值大,与静脉溶栓相比,其溶栓时间窗更长,因此临床应用范围更广,且在许多情况下可以代替静脉溶栓进行治疗。血管介入的操作流程首先通过血管造影确定患者发生病变的区域以及侧支循环代偿情况,因为通常情况下,侧支循环可以弥补闭塞血管应该发挥的功能,从而帮助患者减少因为脑缺血、缺氧造成的损伤,以便更好地进行后续治疗。国外学者及其研究团队发现,一定程度上扩大时间窗可以帮助患者在接受血管介入治疗时更高效地控制病情^[10]。相比较而言,脑动脉闭塞后可造成代偿性血流速度减慢,同时改变原来的流动方向,造成血液瘀滞,长期闭塞动脉引发血栓,如果患者在血管堵塞后未进行及时的治疗,极有可能导致神经功能损伤^[11]。事实上,血管介入治疗是基于血管造影的基础上,通过微导丝来对机械装置进行控制,进而清除血栓,以达到血管再通的目的,使得闭塞动脉血流储备性能得到提高,最终影响血栓的形成;同时,配合溶栓药物的使用同样能保证治疗效果,其对于预防出血性脑卒中、降低发病风险效果显著。研究显示,血管介入治疗前循环时间窗可为6 h,后循环时间窗可适当延长至12 h^[12-13]。

2 机械取栓治疗的主要机械装置

2.1 支架取栓装置 Solitaire AB型支架是一种颅内自膨式支架,在临床应用的主要有两种规格^[14]。以目前的技术水平来看,其闭环式设计的导管输送系统在便于回收方面优于开环设计,从而应用范围更广^[15]。此外,该支架采用了大网孔设计,使得其稳定性更高,显著降低了因外在因素导致变形的可能^[16]。从治疗原理来看,Solitaire AB型支架能够通过静脉滴注的方式将肝素钠引入人体以避免支架内产生血栓,同时不会因为这一原因对血管产生任何影响^[17];而且从性能方面来看,这种支架的贴壁性和顺应性均较高,操作起来极为便利,只需要通过血管造影确定脑动脉发生血管闭塞的位置,就可以直接通过导管进行取栓,从而将其输送至闭塞的血管以实现对其全面覆盖,然后通过径向力的作用对血管进行扩张、回收处理,最后再通过Y阀的负压吸取作用清除可能产生血栓的物质,最终达到避免远端血管堵塞的目的。总的说来,由于这种支架可回收性较高,并且在实际治疗过程中可以完整取出血栓,治疗效果好且推广价值高^[18]。根据WEHRSCHUETZ等^[19]报道的单中心应用Solitaire AB型支架进行急性梗死后机械取栓的研究结果表明,采用这种疗法进行治疗是有效的,取栓治疗后TICI分级可以达2a/b级或3级的水平,同时闭塞血管再通效果也较为明显,且术后61.2%的患者美国国立卫生研究院卒中量表(NIHSS)评分降低超

过6分。我国学者发现,采用Solitaire AB型支架进行动脉取栓的血管再通率可达90.3%,相比较而言,进行基底动脉血管取栓可以达到更好的治疗效果^[20-21]。此外陈荣华等^[22]在2015年对急性脑梗死患者采用Solitaire AB型支架进行取栓治疗的研究显示,血管再通率高达87.3%(96/110),更难能可贵的是没有出现一例复发病例。ROTH等^[23]研究表明,Solitaire AB型支架取栓血管再通率为90.9%,经过90 d临床治疗所取得的良好率为63.6%,病死率为18.1%,提示急性脑梗死后6 h内进行血管内取栓治疗的临床效果最好。

Solitaire FR血管重建装置得到欧洲CE、E-mark认证后,又经美国食品与药品监督管理局(FDA)2012年2月批准为专门用于急性脑动脉闭塞治疗的新型取栓装置;研究证明这一疗法在机械取栓中的血管再通率达到较高水平,且不会对血管造成损伤,其优势较明显^[24]。在该装置上市后,一项观察了101例患者(平均年龄64.7岁,平均NIHSS评分17.6分)的Solitaire FR支架取栓结果显示,39%的患者使用Solitaire FR支架取栓前进行了静脉溶栓,其他血管内技术与Solitaire FR支架取栓同时使用者占52%,血管再通率为88%(TIMI血流分级2、3级),24 h内无症状性脑出血发生率为15%,院内病死率为26%^[25]。事实上,Solitaire FR血管重建装置是为了满足取栓而专门改良过的,有一定的专用性,能够在闭塞血管处取出血栓后进行再灌注^[26]。SAVER等^[27]纳入196例机械取栓治疗的患者,对患者治疗后的取血栓效果研究发现,联合溶栓和Solitaire FR支架对急性缺血性卒中患者的治疗效果显著,其可以有效改善患者的远期神经功能,且不增加病死率。PEREIRA等^[28]研究结果显示,Solitaire FR支架取栓血管再通率为79.2%,90 d的临床结局良好率为57.9%,病死率为6.9%。Solitaire FR血管重建装置目前在我国的应用尚为初步,该装置应用率低于Solitaire AB支架,但客观来说市场应用前景仍然较好。上述研究发现,采用Solitaire FR支架取栓疗法对超过静脉溶栓时间窗、不适合静脉溶栓的缺血性卒中治疗效果较普通疗法更好,不仅能够帮助患者迅速恢复血流、缩短再灌注时间,还能够降低出血风险。此外,长期口服华法林的患者也不受影响,临床推广价值较高。

2.2 MERCI取栓器 一般来说,MERCI取栓器采用镍钛材料,其原理是通过头部的锥体将血栓捣碎而达到治疗作用^[29]。目前这一装置的推广运用已经较成熟,国外相关试验中取栓疗效也得到认可。NAHAB等^[30]详细统计并分析了MERCI取栓器的效果,最终发现取栓器不会对取栓后的脑出血率及术后90 d病死率造成影响,且对患者预后有所改善。但2012年大样本量Solitaire

FR 取栓试验表明, Solitaire FR 支架取栓与 MERCI 取栓器在患者血管再通的同时, 其无症状性脑出血发生率并无差异 (61% 和 24%, $P < 0.05$), 另外 Solitaire FR 血管重建装置的效果相对更好^[30]。

2.3 Penumbra 吸栓装置 Penumbra 吸栓装置的结构包括分离器和血栓移出环等几个部分, 其工作原理相对简单^[31]。具体说来就是采用抽吸导管在血栓近端产生真空负压吸引力, 从而促使血栓分解, 再将其吸出来, 最终实现闭塞脑血管恢复的目的。在发展初期, Penumbra 吸栓装置的吸栓导管运用的主要范围是管径较粗、走行较直的血管^[32]; 随着该吸栓装置得到改善且应用领域的扩展, 国外多中心研究发现, Penumbra 治疗后患者并发症发生率较低, 对于大血管的治疗有较高的适用性, 其相应的时间窗甚至可扩大至 8 h^[33-34]。ASADI 等^[35]对比分析了 Penumbra 吸栓装置同 Solitaire AB 支架的优缺点和适用范围, 结果显示, 两组的血管再通率极为相似, 不过 Penumbra 吸栓装置的血管再通时间相对更短, 治疗效果也相对更好。

除此之外, 在采用机械取栓治疗中可以通过辅助装置来提高治疗效果, 具体来说有球囊辅助装置和脑保护装置等, 在接受支架植入治疗后, 能够改善血管灌注条件, 从而在机械取栓过程中更好地保护远端血管, 最终降低远端血管栓塞发生的可能性。

3 机械取栓治疗的优点及存在的问题

3.1 机械取栓治疗的优点

3.1.1 机械取栓相较于动脉溶栓可以明显扩大时间窗, 缩短手术时间 虽然静脉溶栓临床治疗效果较好, 但前提是在发病后 3 h 内接受治疗, 客观来说, 这是一个影响较大的制约因素, 通常来说, 因为严格的时间窗和相关禁忌证的制约, 患者难以得到有效治疗, 其比例不足 5%, 但通过机械取栓治疗可以使其时间窗延长到 8 h, 学者们研究发现, 如果磁共振显示存在较大的缺血半暗带, 就符合继续使用的相关要求, 但就目前来说, 还不能够明确最大的治疗时间窗^[36]。随着第二代、第三代取栓装置的发展, 急性脑梗死治疗时间窗被不断地扩大, 甚至超过 24 h^[37-39]。

3.1.2 显著提高血管再通率, 改善预后 一般来说, 颈内动脉远端、大脑中动脉近端均有可能出现大的血栓块, 而采用机械取栓装置能够有效降低这种风险, 在 MERCI 试验中, 机械取栓血管再通率为 53%, 而单纯静脉溶栓仅为 10% 左右^[40]。EXTEND-1A 研究共纳入 10 个研究中心的 70 例患者, 患者均在溶栓前进行颅脑 CT 灌注可行性评估, 选取颈内动脉或大脑中动脉均有闭塞但未严重梗死的患者, 进行分类对比, 结果发现支架取栓组患者预后较单用 rt-PA 组的改良 Rankin 量表

(mRS) 评分更好, 且两组间病死率或无症状性脑出血发生率均无差异^[41]。

3.1.3 适用范围相对静脉溶栓更广 对于出现大脑中动脉 M1 段闭塞的患者而言, 其治疗的难度大, 如果单纯采用静脉溶栓治疗难以达到理想的效果, 并且血管再通率不高, 容易发生相关出血风险。相应的, 如果机械取栓可以获得较好的治疗效果, 其属于一类优先选择的方案。相比较而言, Solitaire FR 支架取栓治疗对于颅内大血管急性闭塞的缺血性卒中患者效果更明显。因为通常情况下, Solitaire FR 支架取栓治疗血流恢复的速度快、出血风险较低。

3.2 机械取栓治疗存在的问题 机械取栓装置作为一项新兴的血管介入技术, 其目前正处于迅速发展的阶段, 其在治疗过程中存在的并发症具体如下。

3.2.1 脑出血 机械取栓造成血管损伤的风险较高, 假使没有及时处理, 患者很可能出现动脉夹层、血管穿孔等并发症, 严重的可能会引发脑出血。以上情况中发生率最高的为脑出血, 其可发生在脑血管造影或机械取栓的各个阶段。研究表明, 患者发生脑梗死的血管位置、发病时间、侧支循环情况、身体状况、血凝因素等均会对脑出血的发生率有一定的影响^[42]。与溶栓治疗相比, 机械取栓时并非必须使用较多的溶栓药物, 这样可以避免由于纤溶系统亢进造成的脑出血, 所以存在一定优势。然而大量脑出血后形成的脑疝很容易引发此类患者死亡^[43-44]。脑血管造影过程中可能有一些造影剂外漏, 会对影像诊断造成一定程度的干扰, 为此需同脑出血 CT 影像结果相鉴别。马朝晖等^[45]报道显示, 机械取栓治疗急性脑动脉闭塞的总出血率以及无症状性脑出血发生率均低于动脉溶栓治疗。SINGH 等^[46]报道显示, 机械取栓降低脑出血发生率的原因可能在于: (1) 不需要或者极大减少了溶栓药物的使用剂量, 从而避免了溶栓药物本身所引起的出血风险; (2) 缩短了治疗操作时间, 减少了脑组织本身缺血损伤后溶栓或者再灌注损伤引起的出血; (3) 取栓所用的 Solitaire AB 型支架对于血管的损伤较小。

3.2.2 脑血管再闭塞 闭塞血管成功取栓再通后, 约有 10% 的患者存在较高的复发脑血管闭塞风险, 有学者对原因进行了探究, 但发现其原因复杂^[47], 包括取栓操作过程中对闭塞血管内膜的机械损伤或取栓操作过程中支架对斑块的损伤, 进而导致斑块破裂; 闭塞血管取栓再通不完全; 残留血管狭窄和患者机体凝血功能等因素; 采取合适的后续处理措施仍有较高的导致其复发的风险。针对上述可能的因素, 可在综合考虑基础上选择合适的应对措施, 具体如密切监测患者取栓之后各项凝血指标, 如血栓弹力图等检查结果, 根据所得结果进

行调整;在机械取栓操作过程中避免损伤血管内膜、避免接触粥样硬化斑块,在出现损伤情况时及时处理;机械取栓之后若脑血管造影检查显示遗留脑血管狭窄,则进行后续处理,如行球囊扩张、支架置入术以进一步预防血管狭窄导致的再闭塞。

3.2.3 脑组织缺血再灌注损伤 缺血再灌注损伤是急性脑梗死治疗的一个重要难题,其会对患者的脑功能造成一定危害。患者脑血管闭塞会导致脑组织缺血缺氧,经血管再通、血流及时再灌注后,相应的脑功能和脑细胞生物活性可恢复,不引起明显的病变,但一部分脑组织由于细胞内钙离子超负荷和大量氧自由基形成,其细胞的生物功能发生障碍^[48]。就当前的研究来看,针对缺血再灌注损伤需要合理统筹治疗,缩短治疗流程,从而实现最短时间内再通闭塞血管,尽量降低缺血再灌注损伤程度。除此之外,在机械取栓血管再灌注恢复后,应用抗氧自由基药物进行营养神经等支持治疗,控制血压及脑血流灌注,从而减少缺血再灌注损伤。

3.2.4 脑血管痉挛 在机械取栓过程中以及其术后,部分患者可能发生脑血管痉挛,进而导致脑组织缺血梗死加重。脑血管痉挛的发病原因可能为脑血管造影检查过程中造影剂、导丝和导管等刺激血管引起痉挛,以及机械取栓装置对脑血管内膜的损伤等^[49]。

3.2.5 远端脑血管分支栓塞 急性脑梗死患者在脑血管造影检查及机械取栓过程中,部分机械操作可能导致脱落的血栓阻塞远端脑血管分支,而机械取栓装置无法对远端脑血管分支进行取栓操作;此外,部分粥样硬化斑块不稳定,取栓过程中易脱落,引起近大脑皮质区域血管栓塞,进一步影响医生对患者后续情况的预测^[50]。为此,临床采用的解决方式主要包括在术前预先使用稳定斑块、降脂药物,并进一步使用抗凝血、抗血小板聚集药物;在血管造影以及机械取栓时动作轻柔。除此之外,随着新的血管介入材料以及装置的应用,在机械取栓操作过程中,如果血管造影显示存在不稳定斑块或易脱落血栓,可以使用带有筛孔的脑保护装置,即使没有办法实现对部分微栓子(即小于滤波器孔隙直径的栓子)的过滤,但其对于宏栓子(即大于滤波器孔隙直径的栓子)的拦截效果还是比较突出的,从而避免远端血管分支栓塞。相关研究表明,微栓子对于神经功能损害并不严重^[51]。目前看来临床上已应用的脑保护装置主要有保护伞过滤装置以及球囊保护装置,但这些新装置价格较高,可能超过部分患者的经济承受范围,并且对临床的操作技术要求较高,因此应用较少。

4 小结

综上所述,机械取栓作为一项新兴的血管介入技术,还需要开发一些新型的装置,但因其应用的材料造

价较高,导致机械取栓的治疗费用相对较高,超过部分急性脑卒中患者的接受能力;再则,支架取栓装置对于颅内小动脉以及一些走向复杂、微导丝以及微导管无法导入的血管,则无法进行取栓治疗;最后,作为一项新技术,机械取栓对造影设备的要求高,取栓操作存在复杂性,具有一定风险,所以对术者的熟练度要求较高。

作者贡献:张峰进行文章的构思与设计、撰写论文;张峰、李鹏、井山泉、高金玲进行论文修订;张峰负责文章的质量控制及审校,并对文章整体负责、监督管理。

本文无利益冲突。

参考文献

- [1] SONG M, YU S P. Ionic regulation of cell volume changes and cell death after ischemic stroke [J]. Transl Stroke Res, 2014, 5 (1): 17-27. DOI: 10.1007/s12975-013-0314-x.
- [2] MIYAMOTO N, TANAKA Y, UENO Y, et al. Demographic, clinical, and radiologic predictors of neurologic deterioration in patients with acute ischemic stroke [J]. J Stroke Cerebrovasc Dis, 2013, 22 (3): 205-210. DOI: 10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2011.07.018.
- [3] 中华医学会神经病学分会,中华医学会神经病学分会神经血管介入协作组,急性缺血性脑卒中介入诊疗指南撰写组.中国急性缺血性脑卒中早期血管内介入诊疗指南[J].中华神经科杂志, 2015, 48 (5): 356-361.
- [4] FANN D Y, LEE S Y, MANZANERO S, et al. Pathogenesis of acute stroke and the role of inflammasomes [J]. Ageing Res Rev, 2013, 12 (4): 941-966. DOI: 10.1016/j.arr.2013.09.004.
- [5] MPOTSARIS A, KOWOLL A, WEBER W, et al. Endovascular stroke therapy at nighttime and on weekends - as fast and effective as during normal business hours? [J]. J Vasc Interv Neurol, 2015, 8 (1): 39-45.
- [6] CHOLLET F, CRAMER S C, STINEAR C, et al. Pharmacological therapies in post stroke recovery: recommendations for future clinical trials [J]. J Neurol, 2013, 261 (8): 1461-1468. DOI: 10.1007/s00415-013-7172-z.
- [7] 鲁海涛,李明华,赵俊功,等.机械取栓在急性血栓性脑卒中中的应用[J].介入放射学杂志,2008,17(8):601-604. DOI: 10.3969/j.issn.1008-794X.2008.08.020.
LU H T, LI M H, ZHAO J G, et al. Application of mechanical thrombectomy in acute thrombotic stroke [J]. Journal of Interventional Radiology, 2008, 17 (8): 601-604. DOI: 10.3969/j.issn.1008-794X.2008.08.020.
- [8] 侯春香.尿激酶静脉溶栓治疗超早期脑梗死的疗效观察[J].中国医药导报,2011,8(7):141-142. DOI: 10.3969/j.issn.1673-7210.2011.07.070.
HOU C X. Effect of intravenous thrombolysis with urokinase in the treatment of hyperacute cerebral infarction [J]. Chinese Medical Journal, 2011, 8 (7): 141-142. DOI: 10.3969/j.issn.1673-7210.2011.07.070.
- [9] PARK J H, HAN Y M, JANG K S, et al. Angiographic and clinical factors related with good functional outcome after mechanical thrombectomy in acute cerebral artery occlusion [J]. J Korean

- Neurosurg Soc, 2015, 58 (3): 192 - 196. DOI: 10.3340/jkns.2015.58.3.192.
- [10] RIBO M, FLORES A, RUBIERA M, et al. Extending the time window for endovascular procedures according to collateral pial circulation [J]. Stroke, 2011, 42 (42): 3465 - 3469. DOI: 10.1161/STROKEAHA.111.623827.
- [11] 李支援, 吕凤亚, 张英, 等. 大脑中动脉狭窄程度与不同急性脑梗死模式的相关性研究 [J]. 国际神经病学神经外科学杂志, 2015, 42 (3): 233 - 237.
- LI Z Y, LYU F Y, ZHANG Y, et al. An analysis of relationship between degree of middle cerebral artery stenosis and different patterns of acute cerebral infarction [J]. Journal of International Neurology and Neurosurgery, 2015, 42 (3): 233 - 237.
- [12] 缪中荣. 后循环急性血栓形成动脉溶栓治疗的时间窗究竟有多“宽” [J]. 中国脑血管病杂志, 2004, 1 (8): 362 - 365. DOI: 10.3969/j.issn.1672-5921.2004.08.008.
- MIAO Z R. How long is the time window of arterial thrombolysis therapy for posterior circulation acute thrombosis [J]. Chinese Journal of Cerebrovascular Diseases, 2004, 1 (8): 362 - 365. DOI: 10.3969/j.issn.1672-5921.2004.08.008.
- [13] 陈常胜, 王秀春, 孙业全, 等. 动脉溶栓介入治疗急性脑梗死的临床研究 [J]. 疑难病杂志, 2007, 6 (6): 339 - 341, 385. DOI: 10.3969/j.issn.1671-6450.2007.06.007.
- CHEN C S, WANG X C, SUN Y Q, et al. Clinical observation of the therapeutic effect of local intra-arterial thrombolysis intervention on acute cerebral infarction [J]. Chinese Journal of Difficult and Complicated Cases, 2007, 6 (6): 339 - 341, 385. DOI: 10.3969/j.issn.1671-6450.2007.06.007.
- [14] CASTAÑO C, DORADO L, GUERRERO C, et al. Mechanical thrombectomy with the Solitaire AB device in large artery occlusions of the anterior circulation: a pilot study [J]. Stroke, 2010, 41 (8): 1836 - 1840. DOI: 10.1161/STROKEAHA.110.584904.
- [15] AKPINAR S, YILMAZ G. Spontaneous SolitaireTM AB thrombectomy stent detachment during stroke treatment [J]. Cardiovasc Intervent Radiol, 2015, 38 (2): 475 - 478. DOI: 10.1007/s00270-014-1022-y.
- [16] KANG D H, PARK J, HWANG Y H, et al. Inadvertent self-detachment of Solitaire AB stent during the mechanical thrombectomy for recanalization of acute ischemic stroke: lessons learned from the removal of stent via surgical embolectomy [J]. J Korean Neurosurg Soc, 2013, 53 (6): 360 - 363. DOI: 10.3340/jkns.2013.53.6.360.
- [17] BAE G S, KWON H J, KANG C W, et al. Mechanical thrombectomy using a solitaire stent in acute ischemic stroke: initial experience in 40 patients [J]. J Cerebrovasc Endovasc Neurosurg, 2012, 14 (3): 164 - 169. DOI: 10.7461/jcen.2012.14.3.164.
- [18] 方亦斌, 文婉玲, 张永巍, 等. Solitaire AB 在前循环远端动脉急性闭塞取栓治疗中的初步应用 [J]. 中国脑血管病杂志, 2015, 12 (8): 430 - 434. DOI: 10.3969/j.issn.1672-5921.2015.08.008.
- FANG Y B, WEN W L, ZHANG Y W, et al. Preliminary application of Solitaire AB in the thrombectomy of acute arterial occlusion of distal anterior circulation [J]. Chinese Journal of Cerebrovascular Diseases, 2015, 12 (8): 430 - 434. DOI: 10.3969/j.issn.1672-5921.2015.08.008.
- [19] WEHRSCHUETZ M, WEHRSCHUETZ E, AUGUSTIN M, et al. Early single center experience with the solitaire thrombectomy device for the treatment of acute ischemic stroke [J]. Interv Neuroradiol, 2011, 17 (2): 235 - 240.
- [20] 李贵福, 马朝晖, 罗望池, 等. Solitaire AB 型支架用于急性脑动脉闭塞取栓术 31 例 [J]. 介入放射学杂志, 2012, 21 (2): 98 - 102. DOI: 10.3969/j.issn.1008-794X.2012.02.003.
- [21] 王双虎, 洪丽燕, 张惠琼, 等. Solitaire AB 型支架取栓术治疗急性脑梗死的疗效观察 [J]. 疑难病杂志, 2014, 13 (4): 421 - 422. DOI: 10.3969/j.issn.1671-6450.2014.04.029.
- [22] 陈荣华, 彭亚, 宣井岗, 等. 缺血性卒中急性期 Solitaire AB 支架机械取栓术的效果 [J]. 中国脑血管病杂志, 2013, 10 (12): 620 - 624. DOI: 10.3969/j.issn.1672-5921.2013.12.002.
- CHEN R H, PENG Y, XUAN J G, et al. The effect of Solitaire AB stent thrombectomy in acute ischemic stroke [J]. Journal of Cerebrovascular Diseases, 2013, 10 (12): 620 - 624. DOI: 10.3969/j.issn.1672-5921.2013.12.002.
- [23] ROTH C, PAPANAGIOTOU P, BEHNKE S, et al. Stent-assisted mechanical recanalization for treatment of acute intracerebral artery occlusions [J]. Stroke, 2010, 41 (11): 2559 - 2567. DOI: 10.1161/STROKEAHA.110.592071.
- [24] MOKIN M, DUMONT T M, VEZNEDAROGLU E, et al. Solitaire FR thrombectomy for acute ischemic stroke: retrospective multicenter analysis of early postmarket experience after FDA approval [J]. Neurosurgery, 2013. [Epub ahead of print].
- [25] MOKIN M, DUMONT T M, VEZNEDAROGLU E, et al. Solitaire flow restoration thrombectomy for acute ischemic stroke: retrospective multicenter analysis of early postmarket experience after FDA approval [J]. Neurosurgery, 2013, 73 (1): 19 - 25. DOI: 10.1227/01.neu.0000429859.96652.57.
- [26] ALMEKHLAFI M A, DAVALOS A, BONAFE A, et al. Impact of age and baseline NIHSS scores on clinical outcomes in the mechanical thrombectomy using solitaire FR in acute ischemic stroke study [J]. AJNR, 2014, 35 (7): 1337 - 1340. DOI: 10.3174/ajnr.A3855.
- [27] SAVER J L, GOYAL M, BONAFE A, et al. Stent-retriever thrombectomy after intravenous t-PA vs. t-PA alone in stroke [J]. N Engl J Med, 2015, 372 (24): 2285 - 2295. DOI: 10.1056/NEJMoa1415061.
- [28] PEREIRA V M, GRALLA J, DAVALOS A, et al. Prospective, multicenter, single-arm study of mechanical thrombectomy using Solitaire Flow Restoration in acute ischemic stroke [J]. Stroke, 2013, 44 (10): 2802 - 2807. DOI: 10.1161/STROKEAHA.113.001232.
- [29] SMITH W S, SUNG G, STARKMAN S, et al. Safety and efficacy of mechanical embolectomy in acute ischemic stroke: results of the MERCI trial [J]. Stroke, 2005, 36 (7): 1432 - 1438.
- [30] NAHAB F, WALKER G A, DION J E, et al. Safety of periprocedural heparin in acute ischemic stroke endovascular therapy: the multi MERCI trial [J]. J Stroke Cerebrovasc Dis, 2012, 21 (8): 790 - 793. DOI: 10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2011.04.009.
- [31] SAVER J L, JAHAN R, LEVY E I, et al. Solitaire flow restoration device versus the merci retriever in patients with acute ischaemic stroke (SWIFT): a randomised, parallel-group, non-inferiority

- trial [J]. Lancet, 2012, 380 (9849): 1241 - 1249. DOI: 10.1016/S0140-6736(12)61384-1.
- [32] CAMPBELL B C, DONNAN G A, DAVIS S M. Vessel occlusion, penumbra, and reperfusion - translating theory to practice [J]. Front Neurol, 2014, 5: 194. DOI: 10.3389/fneur.2014.00194. eCollection 2014.
- [33] TARR R, HSU D, KULCSAR Z, et al. The POST trial: initial post-market experience of the Penumbra system: revascularization of large vessel occlusion in acute ischemic stroke in the United States and Europe [J]. J Neurointerv Surg, 2010, 2 (4): 341 - 344. DOI: 10.1136/jnis.2010.002600.
- [34] Penumbra Pivotal Stroke Trial Investigators. The penumbra pivotal stroke trial: safety and effectiveness of a new generation of mechanical devices for clot removal in intracranial large vessel occlusive disease [J]. Stroke, 2009, 40 (8): 2761 - 2768. DOI: 10.1161/STROKEAHA.108.544957.
- [35] ASADI H, DOWLING R, YAN B, et al. Advances in endovascular treatment of acute ischemic stroke [J]. Intern Med, 2015, 45 (8): 798 - 805. DOI: 10.1111/imj.12652.
- [36] LAYTON K F, WHITE J B, CLOFT H J, et al. Expanding the treatment window with mechanical thrombectomy in acute ischemic stroke [J]. Neuroradiology, 2006, 48 (6): 402 - 404.
- [37] SON S, CHOI D S, OH M K, et al. Comparison of Solitaire thrombectomy and Penumbra suction thrombectomy in patients with acute ischemic stroke caused by basilar artery occlusion [J]. J Neurointerv Surg, 2016, 8 (1): 13 - 18. DOI: 10.1136/neurintsurg-2014-011472.
- [38] KURRE W, BAZNER H, HENKES H. Mechanical thrombectomy for the treatment of acute stroke - an update [J]. Fortschr Neurol Psychiatr, 2012, 80 (9): 530 - 545, quiz 546 - 547. DOI: 10.1055/s-0032-1313156.
- [39] 马朝晖, 李贵福, 罗望池, 等. Solitaire - AB 支架取栓治疗急性大脑中动脉闭塞 26 小时患者一例 [J]. 中华医学杂志, 2011, 91 (29): 2087 - 2088. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0376-2491.2011.29.020.
- MA Z H, LI G F, LUO W C, et al. Solitaire - AB stent thrombectomy for acute middle cerebral artery occlusion in 1 patient with 26 h [J]. Chinese Medical Journal, 2011, 91 (29): 2087 - 2088. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0376-2491.2011.29.020.
- [40] SAVER J L. Does the merci retriever work? For [J]. Stroke, 2006, 37 (5): 1340 - 1341.
- [41] CAMPBELL B C, MITCHELL P J, KLEINIG T J, et al. Endovascular therapy for ischemic stroke with perfusion imaging selection [J]. N Engl J Med, 2015, 372 (11): 1009 - 1018. DOI: 10.1056/NEJMoa1414792.
- [42] GÖRNER A, LEMMENS R, SCHROOTEN M, et al. Is leukoaraiosis on CT an accurate surrogate marker for the presence of microbleeds in acute stroke patients? [J]. J Neurol, 2007, 254 (3): 284 - 289.
- [43] 郭义坤, 李焰生. 急性脑梗死患者重组组织型纤溶酶原激活物静脉溶栓后脑出血 [J]. 国际脑血管病杂志, 2010, 18 (2): 113 - 118. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1673-4165.2010.02.007.
- GUO Y K, LI Y S. Intracerebral hemorrhage after intravenous recombinant tissue plasminogen activator for acute cerebral infarction [J]. International Journal of Cerebrovascular Diseases, 2010, 18 (2): 113 - 118. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1673-4165.2010.02.007.
- [44] 田洪, 郝磊, 宋川, 等. 急性脑梗死动脉溶栓治疗的疗效相关因素探讨 [J]. 介入放射学杂志, 2014, 23 (10): 839 - 842. DOI: 10.3969/j.issn.1008-794X.2014.10.001.
- TIAN H, HAO L, SONG C, et al. Therapeutic effect of arterial thrombolysis for acute cerebral infarction: analysis of related factors [J]. Journal of Interventional Radiology, 2014, 23 (10): 839 - 842. DOI: 10.3969/j.issn.1008-794X.2014.10.001.
- [45] 马朝晖, 李贵福, 尤劲松, 等. 机械取栓与动脉溶栓治疗急性脑梗死闭塞单中心回顾性对照研究 [J]. 中国神经精神疾病杂志, 2015, 41 (7): 406 - 411. DOI: 10.3969/j.issn.1002-0152.2015.07.005.
- [46] SINGH P, DOOSTKAM S, REINHARD M, et al. Immunohistochemical analysis of thrombi retrieved during treatment of acute ischemic stroke: does stent-retriever cause intimal damage? [J]. Stroke, 2013, 44 (6): 1720 - 1722. DOI: 10.1161/STROKEAHA.113.000964.
- [47] 何银华, 李飞. 急性脑梗死患者血栓弹力图临床研究 [J]. 检验医学, 2011, 26 (3): 163 - 165. DOI: 10.3969/j.issn.1673-8640.2011.03.007.
- HE Y H, LI F. The clinical study of blood thrombelastograph in the patients with acute cerebral infarction [J]. Laboratory Medicine, 2011, 26 (3): 163 - 165. DOI: 10.3969/j.issn.1673-8640.2011.03.007.
- [48] PLUTA R. No effect of anti-oxidative therapy on cerebral amyloidosis following ischemia - reperfusion brain injury [J]. Folia Neuropathol, 2000, 38 (4): 188 - 190.
- [49] 周汝明, 邱水波, 刘润华, 等. 脑血管造影和介入治疗过程中脑动脉痉挛的发生和治疗 [J]. 实用医学影像杂志, 2006, 7 (5): 323 - 325. DOI: 10.3969/j.issn.1009-6817.2006.05.020.
- [50] 翟俊格, 李常新, 孙晋华, 等. 急性脑梗死患者脑血流中微栓子与颈动脉粥样硬化斑块的关系 [J]. 临床神经病学杂志, 2011, 24 (3): 221 - 222.
- ZHAI J G, LI C X, SUN J H, et al. Relationship between microembolism in cerebral blood flow and carotid atherosclerotic plaque in patients with acute cerebral infarction [J]. Chinese Journal of Clinical Neurology, 2011, 24 (3): 221 - 222.
- [51] 宁敏, 吴亦影, 倪秀石, 等. 脑动脉微栓子的实验研究进展 [J]. 中华老年医学杂志, 2012, 31 (8): 722 - 725. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-9026.2012.08.026.
- NING M, WU Y Y, NI X S, et al. Progress in experimental study of cerebral arterial thrombosis [J]. Chinese Journal of Geriatrics, 2012, 31 (8): 722 - 725. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-9026.2012.08.026.

(收稿日期: 2017-02-26; 修回日期: 2017-05-31)

(本文编辑: 毛亚敏)