

支架锚定结合Solumbra技术在急性脑梗死机械取栓术中的应用研究

赵宜坤, 孙勇

徐州医科大学附属连云港医院神经外科, 江苏 连云港, 222061

通信作者: 孙勇, E-mail: intervention@vip.163.com

【摘要】 目的 比较分析支架锚定结合Solumbra技术与单纯支架取栓对改善急性缺血性脑卒中患者预后、临床效果及并发症的影响。**方法** 回顾性分析连云港市第一人民医院 2017 年 12 月至 2021 年 10 月因脑梗死行介入取栓的 169 例患者资料, 根据血管内治疗的手术方式分为支架锚定结合Solumbra技术组(研究组)及单纯支架取栓技术组(对照组)。分析比较两组患者的血管再通率、手术时间、并发症、良好预后率等, 分析支架锚定结合Solumbra技术的有效性和安全性。**结果** 两组患者年龄、性别、麻醉方式、既往病史、静脉溶栓、OPT时间、入院NIHSS评分等基线资料差异无统计学意义($P>0.05$)。研究组首次取栓血管再通率为 48.6%, 显著高于对照组的 28.1% ($\chi^2=6.881, P<0.05$), 穿刺至再灌注时间(108.6 ± 58.2) min 显著短于对照组的(128.5 ± 56.7) min ($t=-2.048, P<0.05$)。研究组的二次栓塞率为 18.1%, 显著低于对照组的 35.9% ($\chi^2=6.778, P<0.05$)。两组患者最终血管再通率、症状性颅内出血率及良好预后率差异无统计学意义(P 均 >0.05)。在颈内闭塞的患者中, 研究组的首次取栓血管再通率为 45.2%, 显著高于对照组的 14.3% ($\chi^2=5.424, P<0.05$), 颈内动脉最终血管再通率及大脑中动脉、后循环首次取栓及最终血管再通率差异均无统计学意义(P 均 >0.05)。**结论** 本研究结果表明, 与单纯支架取栓技术相比, 支架锚定结合Solumbra技术在急性缺血性脑卒中患者血管内介入治疗中是安全有效的, 能够提高首次取栓血管再通率, 缩短手术时间, 降低血管逃逸致二次栓塞风险, 从而改善患者预后。

【关键词】 急性缺血性脑卒中; 血管内治疗; 支架锚定技术; Solumbra 技术

【文章编号】 2095-834X (2024)10-45-05

DOI: 10.26939/j.cnki.CN11-9353/R.2024.10.004

本文著录格式: 赵宜坤, 孙勇. 支架锚定结合Solumbra技术在急性脑梗死机械取栓术中的应用研究[J].

当代介入医学电子杂志, 2024, 1(10): 45-49.

Application of stent anchoring combined with Solumbra technique in mechanical thrombectomy for acute ischemic stroke

Zhao Yikun, Sun Yong

Department of Neurosurgery, the First People's Hospital of Lianyungang, Lianyungang 222061, Jiangsu, China

Corresponding author: Sun Yong, E-mail: intervention@vip.163.com

【Abstract】 Objective To compare and analyze the effects of stent anchoring combined with Solumbra technique and stent thrombectomy alone on improving the prognosis, clinical efficacy and complications of patients with acute ischemic stroke. **Methods** The data of 169 patients with cerebral infarction who underwent interventional thrombectomy in Lianyungang First People's Hospital from December 2017 to October 2021 were retrospectively analyzed. According to the surgical methods of endovascular treatment, they were divided into stent-anchoring combined with Solumbra technique group (study group) and stent-only thrombectomy technique group (control group). The vascular recanalization rate, operation time, complications and good prognosis rate of the two groups were compared, and the effectiveness and safety of stent anchoring combined with Solumbra

收稿日期: 2024-08-22

technology were analyzed. **Results** There were no significant differences in age, gender, anesthesia mode, past medical history, intravenous thrombolysis, OPT time and admission NIHSS score between the two groups ($P>0.05$). The recanalization rate of the first thrombectomy in the study group was 48.6%, which was significantly higher than 28.1% in the control group ($\chi^2=6.881$, $P<0.05$). The time from puncture to reperfusion was (108.6 ± 58.2) min, which was significantly shorter than (128.5 ± 56.7) min in the control group ($t=-2.048$, $P>0.05$). The secondary embolization rate in the study group was 18.1%, which was significantly lower than 35.9% in the control group ($\chi^2=6.778$, $P<0.05$). There were no significant differences in the final recanalization rate, symptomatic intracranial hemorrhage rate and good prognosis rate between the two groups (all $P>0.05$). In patients with internal carotid occlusion, the first thrombectomy recanalization rate of the study group was 45.2%, which was significantly higher than that of the control group (14.3%) ($\chi^2=5.424$, $P<0.05$). There were no significant differences in the final recanalization rate of the internal carotid artery and in the first-pass and final recanalization rates of the middle cerebral artery and posterior circulation (all $P>0.05$). **Conclusion** This study shows that compared with stent thrombectomy alone, stent anchoring combined with Solumbra technology in patients with acute ischemic stroke in endovascular interventional therapy is safe and effective, can increase the first-pass recanalization rate, shorten the operation time, reduce secondary thrombosis risk due to thrombus escape, thus improving the prognosis of patients.

【Keywords】 Acute ischemic stroke; Endovascular treatment; Stent anchoring technology; Solumbra technology

脑卒中, 又称中风或脑血管意外, 是一组以脑组织缺血或出血性损伤为主要临床表现的急性脑血管疾病, 具有发病率高、致残率高、死亡率高和复发率高特点, 给社会和家庭造成了沉重的负担。急性缺血性脑卒中是最常见的卒中类型, 占我国脑卒中的 69.6%~70.8%^[1]。目前急性缺血性脑卒中的治疗方法主要有静脉溶栓及机械取栓。2015 年多项国外随机对照研究结果证实, 在颅内大血管闭塞性病变中, 早期施行以支架型取栓装置为代表的血管内介入治疗能够显著改善患者预后^[2-6]。2018 年发表的《中国急性缺血性脑卒中早期血管内介入诊疗指南 2018》认为, 采用 Solitaire 等支架样取栓器治疗急性前循环大血管闭塞所致的脑卒中患者较静脉溶栓能明确增加患者的血管再通率, 改善预后且安全终点事件无明显增加^[7]。然而机械取栓过程中仍存在一系列难题, 如取栓过程中栓子碎裂、移位、血栓逃逸^[8]及血管机械性损伤^[9]等, 如何减少并发症是目前机械取栓治疗面临的主要问题, 也是关系着临床预后的重要因素。为减少急性脑梗死机械取栓术并发症、提高血管再通率、改善患者预后, 本研究对连云港市第一人民医院(以下简称我院)急性缺血性脑卒中行血管内治疗的患者进行回顾性分析, 研究支架锚定结合 Solumbra 技术在急性缺血性脑卒中血管内治疗的有效性和安全性。

1 对象与方法

1.1 研究对象 回顾性分析 2018 年 8 月至 2021 年 10 月于我院因急性脑梗死行机械取栓术的 169 例患

者, 根据不同取栓方式分为支架锚定结合 Solumbra 技术组及单纯支架取栓技术组, 支架锚定结合 Solumbra 技术组 105 例, 其中男性 65 例, 女性 40 例, 年龄 (64.2 ± 11.3) 岁, 单纯支架取栓组 64 例, 其中男性 46 例, 女性 18 例, 年龄 (62.6 ± 12.0) 岁, 分别对两组血管再通率、患者预后良好率、不良事件发生率、3 个月随访致死致残率进行统计分析, 验证支架锚定结合 Solumbra 技术取栓的安全性及有效性。

入选标准: (1) 符合《中国急性缺血性脑卒中早期血管内介入诊疗指南》规定的诊断及血管内治疗标准; (2) 年龄 ≥ 18 岁; (3) 手术方式为支架锚定结合 Solumbra 取栓技术、普通导引导管取栓技术。排除标准: (1) 仅作球囊扩张或支架植入而未应用支架取栓治疗的动脉粥样硬化性狭窄或闭塞; (2) 手术方式非支架锚定结合 Solumbra 技术或单纯支架取栓技术的病例; (3) 未定期随访或资料不全者。本研究通过连云港市第一人民医院医学伦理委员会批准。

1.2 血管内取栓方式及操作过程

1.2.1 支架锚定结合 Solumbra 取栓 取栓装置是由取栓支架、微导丝、微导管、中间导管、导引导管组成, 主要器械包括 Transcend 微导丝(美国 Boston Scientific 公司)、Rebar18 微导管(美国 eV3 公司)、8F 导引导管(美国 Cordis 公司)、5F Navien 中间导管(美国 eV3 公司)、Solitaire AB 支架(美国 eV3 公司)、50 ml 注射器。手术操作过程: (1) 根据患者意识水平及配合程度, 选择监护麻醉或全身麻醉; (2) 经右侧股动脉穿刺置鞘; (3) 8F 导引导管送入颈内动脉(后循环送入椎动脉或锁骨下动脉); (4) 微导管在中间导

管及塑形后的微导丝辅助下送入闭塞段远端,并造影确认微导管位于血管真腔内且远端血管通畅;(5)将 Solitaire 系统有效段覆盖闭塞血管段并释放;(6)经中间导管造影,确认闭塞段是否恢复前向血流;(7)若位置理想,支架静置 5 min,其后推送 Navien 中间导管,过程中支架锚定不移动,这样既能使支架形成锥形,更好地嵌合和固定血栓,又能为中间导管接近血栓提供支撑力,推送过程中注意不能使支架远端产生位移,以免损伤血管内皮;(8)在中间导管接触血栓后,继续将 Navien 导管前推,使之完全嵌入血栓,缩短取栓行程,在回拉 Solitaire 支架的同时边适当推送中间导管边经中间导管负压抽吸,使血栓良好嵌合在支架及中间导管之间,待 Solitaire 刚刚退入 Navien 中间导管时,将 Solitaire 支架系统连同中间导管一并退出,其间一直保持 Navien 导管负压抽吸,并开放尾端 Y 阀形成负向血流冲栓,使残留在腔内的微血栓冲出体外;(9)检查取栓系统内有无取出的血栓组织。

1.2.2 单纯支架取栓 取栓方式及器械除 5F Navien 中间导管外,其他与支架锚定结合 Solumbra 技术均相同;手术操作过程:(1)右侧股动脉穿刺置鞘,将 8F 导引导管送入颈内动脉(后循环送入椎动脉或锁骨下动脉);(2)微导管在微导丝辅助下送入闭塞段远端,并造影确认微导管位于血管真腔内且远端血管通畅;(3)将 Solitaire 系统有效段覆盖闭塞血管段并释放;(4)经导引导管造影确认,若位置理想,支架静置 5 min 后,微导管回收部分支架,将支架缓慢撤出。

1.2.3 取栓结束后即刻复查造影,若血管成功再通且无残余狭窄,前向血流维持良好,则观察 15 min 后撤出各级导管,结束手术。若血管闭塞血管开通失败,则重复上述步骤,再次取栓。对于残余重度狭窄,前向血流难以维持的患者,根据病情综合分析后,予以支架植入治疗。所有患者手术结束后收入神经外科重症监护室,参照指南及共识^[7],进行围手术期用药及管理。

1.3 研究方法 记录患者基线资料、术前及术后 30 d NIHSS 评分、发病至股动脉穿刺时间(onset-to-puncture time, OPT)、穿刺至再灌注时间(puncture-to-reperfusion time, PRT)、症状性颅内出血(symptomatic intracerebral hemorrhage, sICH)发生率、术中二次栓塞发生率,根据 mTICI 分级(modified thrombolysis in cerebral ischemic scale, mTICI)评估血管开通情况,2b/3 级定义为血管成功再通;根据术后 90 d 改良 Rankin 量表(mRS 评分)评估患者预后情况,mRS ≤ 2 分定义为预后良好。

1.4 统计学方法 使用 SPSS 22.0 软件进行数据分析,计量资料进行正态性检验,符合正态分布的统计数据以 $\bar{x} \pm s$ 表示,组间比较采用两独立样本 *t* 检验,非正态分布计量数据以 $M(P_{25}-P_{75})$ 表示,组间比较采用

Mann-Whitney *U* 秩和检验。计数资料以例(%)表示,两组间比较采用 Pearson 或连续校正 χ^2 检验。 $P < 0.05$ 为差异具有统计学意义。

2 结果

2.1 两组基线资料比较 两组患者年龄、性别、麻醉方式、既往病史、静脉溶栓、OPT 时间、入院 NIHSS 评分等基线资料差异无统计学意义, (P 均 > 0.05) (表 1)。

表 1 两组基线资料比较

项目	支架锚定结合 Solumbra 技术(<i>n</i> =105)	单纯支架取栓 (<i>n</i> =64)	<i>t</i> / χ^2 值	<i>P</i> 值
年龄($\bar{x} \pm s$, 岁)	64.2 ± 11.3	62.6 ± 12.0	0.924 ^a	0.357
性别(男性) [例(%)]	65 (61.9)	46 (71.9)	1.754 ^b	0.185
麻醉方式(全麻) [例(%)]	88 (83.8)	53 (82.8)	0.029 ^b	0.866
高血压病史 [例(%)]	26 (24.8)	23 (35.9)	2.412 ^b	0.120
糖尿病史 [例(%)]	22 (21.0)	17 (26.6)	0.705 ^b	0.401
房颤病史 [例(%)]	37 (35.2)	23 (35.9)	0.008 ^b	0.927
静脉溶栓 [例(%)]	43 (41.0)	24 (37.5)	0.198 ^b	0.656
OPT($\bar{x} \pm s$, min)	288.97 ± 64.64	279.36 ± 62.47	0.950 ^a	0.344
入院 NIHSS [$M(P_{25}-P_{75})$, 分]	17 (12, 21)	17 (13, 21)	-0.541 ^c	0.589

注:OPT 为发病至股动脉穿刺时间;^a表示 *t* 值;^b表示 Pearson χ^2 值;^c表示 Mann-Whitney *U* 秩和检验 *Z* 值。

2.2 两组主要临床结局及不良时间发生率比较 如表 2 所示,支架锚定结合 Solumbra 技术的首次取栓血管再通率为 48.6%,高于单纯支架取栓组的 28.1% ($\chi^2=6.881, P < 0.05$),最终血管再通率为 92.4%,略高于单纯支架取栓组的 85.9% ($\chi^2=1.825, P > 0.05$);两组症状性颅内出血率及良好预后率间的差异无统计学意义 (P 均 > 0.05);支架锚定结合 Solumbra 技术组的穿刺至再灌注时间(108.6 ± 58.2) min 较单纯支架取栓组的(128.5 ± 56.7) min 短($t=-2.048, P < 0.05$);支架锚定结合 Solumbra 技术组的二次栓塞率为 18.1%,低于单纯支架取栓组的 35.9% ($\chi^2=6.778, P < 0.05$)。

表 2 两组患者主要观察指标及预后情况比较

指标	支架锚定结合 Solumbra 组(<i>n</i> =105)	单纯支架取 栓组(<i>n</i> =64)	<i>t</i> / χ^2 值	<i>P</i> 值
首次取栓血管再通率 [例(%)]	51 (48.6)	18 (28.1)	6.881 ^b	0.009
最终血管再通率 [例(%)]	97 (92.4)	55 (85.9)	1.825 ^b	0.177
穿刺至再灌注时间 ($\bar{x} \pm s$, min)	108.6 ± 58.2	128.5 ± 56.7	-2.048 ^a	0.042
二次栓塞率[例(%)]	19 (18.1)	23 (35.9)	6.778 ^b	0.009
症状性颅内出血率 [例(%)]	17 (19.0)	13 (20.3)	0.040 ^b	0.841
良好预后率[例(%)]	54 (51.4)	23 (39.1)	2.443 ^b	0.118

注:^a表示 *t* 值;^b表示 Pearson χ^2 值。

2.3 两组患者不同闭塞部位血管再通率比较 如表 3 所示,颈内动脉闭塞的患者中,支架锚定结合 Solumbra 技术组的首次取栓血管再通率为 45.2%,高于单纯支架取栓组的 14.3% ($\chi^2=5.424, P<0.05$); 两组患者最终血管再通率差异无明显统计学意义 ($\chi^2=0.311, P>0.05$); 支架锚定结合 Solumbra 技术组大脑中动脉及后循环卒中患者的首次取栓血管再通率分别为 57.5% 和 41.2%, 均高于单纯支架取栓组的 40.0% 和 27.8%, 差异无统计学意义 ($\chi^2=1.885, P>0.05$; $\chi^2=0.911, P>0.05$); 支架锚定结合 Solumbra 技术组大脑中动脉及后循环卒中患者的最终血管再通率分别为 95.0% 和 91.2%, 均高于单纯支架取栓组的 92.0% 和 83.3%, 差异无统计学意义 ($\chi^2=0.149, P>0.05$)。

表 3 两组患者不同闭塞部位再通率对比				
指标	支架锚定结合 Solumbra 组 (n=105)	单纯支架取栓 组 (n=64)	χ^2 值	P 值
首次取栓血管再通率 [例 (%)]				
颈内动脉闭塞 (n=31+21)	14 (45.2)	3 (14.3)	5.424 ^a	0.020
大脑中动脉闭塞 (n=40+25)	23 (57.5)	10 (40.0)	1.885 ^a	0.170
椎-基底动脉闭塞 (n=34+18)	14 (41.2)	5 (27.8)	0.911 ^a	0.340
最终血管再通率 [例 (%)]				
颈内动脉闭塞 (n=31+21)	28 (90.3)	17 (81.0)	0.311 ^b	0.577
大脑中动脉闭塞 (n=40+25)	38 (95.0)	23 (92.0)	0 ^b	1
椎-基底动脉闭塞 (n=34+18)	31 (91.2)	15 (83.3)	0.149 ^b	0.699

注:^a表示 χ^2 值;^b表示连续校正 χ^2 值。

3 讨论

本报告了我院从 2018 年 8 月至 2021 年 10 月急性缺血性脑卒中患者行血管内介入治疗的病例,与先前的研究不同,后循环大血管闭塞引起的脑梗死患者并未被排除在外。研究结果显示,两组患者基线资料基本匹配,本报告支架锚定结合 Solumbra 技术组的最终血管再通率、首次取栓血管再通率与先前的 ASTER2 实验基本相似^[12],单纯支架取栓组首次取栓血管再通率与 ASTER2 实验及长海医院脑血管病中心的一项研究^[13]相比均较低。这可能是由于 ASTER2 实验排除了串联病变及后循环脑梗死的病例,长海医院的研究仅为大脑中动脉闭塞的病例,而本研究均将其纳入在内,串联病变的患者往往血栓负荷量大,单纯支架取栓难以一次性将其完全取出,需要多次操作来实现成功再灌注,这也导致了本研究的穿刺至再灌注时间明显较高。

本研究结果表明,支架锚定结合 Solumbra 技术能够显著提高急性缺血性脑卒中患者的血管再通率,

这与先前的研究结果一致^[12]。虽然支架锚定结合 Solumbra 组的良好预后率略高于单纯支架取栓组,但是并无统计学意义。本研究尚无足够的证据证明支架锚定结合 Solumbra 技术在改善缺血性脑卒中患者预后方面的优越性。亚组分析显示,在颈内动脉闭塞的患者中,支架锚定结合 Solumbra 技术表现更优,这可能是由于颈内动脉闭塞的患者,血栓负荷量大,相对于单纯支架取栓, Solumbra 技术的应用可以使血栓固定在支架与中间导管之间,增加了血栓取出的可行性。对于大脑中动脉闭塞的患者,尤其是大脑中动脉 M2 段闭塞的患者,由于路径较远,常规的 Solumbra 技术中间导管的推送比较困难,利用支架锚定的力量,中间导管可以快速到位。同时,由于大脑中动脉闭塞血栓负荷量相对较小,更容易从取栓支架的网孔中逃逸,在支架取栓的同时,使用中间导管进行抽吸,形成了负向血流,减少血栓逃逸的可能^[14]。

支架取栓过程中,会造成一定程度的血管损伤,这是由于展开的支架在血管内移动所致,主要表现为血管内皮细胞丢失引起内膜破裂。既往多项基础研究观察到了这种血管内皮损伤^[15-17],这可能会引起颅内出血、造影剂渗出、血管穿孔、夹层等一系列并发症,影响患者预后。在脑梗死机械取栓患者中,由于动脉粥样硬化及颅内外血管的复杂解剖结构,实际损伤可能更重。因此,机械取栓过程中,部分回收支架,缩短支架在血管内的行程是减少血管损伤的有效手段^[10]。

是否获得及时有效的血管再通是影响脑梗死患者预后的一个重要因素,从发病到再通,随着时间的延长,梗死越来越重。研究表明,手术时间越长,患者的颅内出血率更高、预后更差^[18],颅内动脉粥样硬化以及某些特殊的血管走行的患者(如三型主动脉弓、牛角弓等),血管迂曲复杂,需要花费更多的时间在血管内介入治疗的路径建设上,这意味着手术时间的延长。本研究在 Solumbra 技术的基础上,增加了支架锚定的动作,能够快速完成取栓路径的建设,尤其是的路血管路径迂曲的患者。研究强调,在支架锚定的过程中,保持支架不移动,以免损伤血管内皮^[15]。在支架锚定的过程中,由于支架与中间导管的相互作用,支架锚定的同时可以更好的嵌合血栓,但同时可能会增加血栓切割的风险。虽然本研究结果表明这一操作是安全有效的,支架锚定结合 Solumbra 技术并未增加血栓逃逸致二次栓塞的风险,但需要进行更多的随机对照实验来验证这一操作过程的安全性。

目前急性缺血性脑卒中患者的研究主要聚集在前循环,对于后循环大血管闭塞性脑梗死患者研究较少, Raoul Pop 等^[19]的最近一项研究报告,对于基底动脉闭塞早期行血管内介入治疗的患者,唯一与治疗相关的预测临床结果的因素是首次通过再灌注。本研究

结果显示,在后循环脑卒中患者机械取栓治疗中,支架锚定结合 Solumbra 技术首次通过血管再通率略高于单纯支架取栓,但差异无统计学意义,尚不足以说明支架锚定结合 Solumbra 技术在后循环脑卒中患者血管内介入治疗中的优越性,本研究也并未将行直接抽吸取栓的患者包括在内,未来需要更大样本的研究来确定后循环机械取栓的最佳取栓器械及技术。

随着神经介入技术的发展,机械取栓技术不断进步,ADAPT、BASIS、BADDASS、SPACEMAN 等技术均被证实安全有效,同时 ReactTM 68、Sofia Plus、ACE60、ACE68 等导管也发展迅猛。本文的主要目的是研究支架锚定这一操作的有效性和安全性,因此并未将其他机械取栓技术纳入研究。本研究是单中心回顾性研究,无法排除一些可能存在的混杂因素,且未能进行多因素回归分析来确定不同类型急性缺血性脑卒中患者的最佳手术方式。由于临床医生对不同取栓技术的熟练程度不同,这可能会影响结果的准确性。

总之,支架锚定结合 Solumbra 技术与单纯支架取栓技术相比是安全有效的,能够快速到达闭塞部位,更早的获得再通,有利于提高取栓效率,缩短手术时间,减少血栓逃逸引起的二次栓塞。急性后循环缺血性卒中需要更进一步的研究来确定最佳的取栓方式及器械。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

- [1] Wang W, Jiang B, Sun H, et al. Prevalence, incidence, and mortality of stroke in China: results from a nationwide population-based survey of 480687 adults[J]. *Circulation*, 2017, 135(8): 759–771.
- [2] Berkhemer OA, Fransen PS, Beumer D, et al. A randomized trial of intraarterial treatment for acute ischemic stroke[J]. *N Engl J Med*, 2015, 372(1): 11–20.
- [3] Saver JL, 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.
- [4] Campbell BC, Mitchell PJ, Kleinig TJ, et al. Endovascular therapy for ischemic stroke with perfusion-imaging selection[J]. *N Engl J Med*, 2015, 372(11): 1009–1018.
- [5] Goyal M, Demchuk AM, Menon BK, et al. Randomized assessment of rapid endovascular treatment of ischemic stroke[J]. *N Engl J Med*, 2015, 372(11): 1019–1030.
- [6] Jovin TG, Chamorro A, Cobo E, et al. Thrombectomy within 8 hours after symptom onset in ischemic stroke[J]. *N Engl J Med*, 2015, 372(24): 2296–2306.
- [7] 中国卒中学会, 中国卒中学会神经介入分会, 中华预防医学会卒中预防与控制专业委员会介入学组. 急性缺血性卒中血管内治疗中国指南 2018[J]. *中国卒中杂志*, 2018, 13(7): 706–729.
- [8] 韩志铁, 王秀丽, 袁海洪, 等. 血管内机械取栓过程中 Solitaire 支架对血管内膜损伤实验研究[J]. *中国现代神经疾病杂志*, 2017, 17(11): 819–824.
- [9] 韩志铁, 王秀丽, 袁海洪, 等. 血管内机械取栓过程中 Solitaire 支架对血管内膜损伤实验研究[J]. *中国现代神经疾病杂志*, 2017, 17(11): 819–824.
- [10] 魏铭, 李宏. 逆向半回收—改良的 solumbra 取栓技术[J]. *中国卒中杂志*, 2017, 12(7): 642–645.
- [11] Wei M, Wei Z, Li X, et al. Retrograde semi-retrieval technique for combined stentriever plus aspiration thrombectomy in acute ischemic stroke[J]. *Interv Neuroradiol*, 2017, 23(3): 285–288.
- [12] Lapergue B, Blanc R, Costalat V, et al. Effect of thrombectomy with combined contact aspiration and stent retriever vs stent retriever alone on revascularization in patients with acute ischemic stroke and large vessel occlusion: the ASTER2 randomized clinical trial[J]. *JAMA*, 2021, 326(12): 1158–1169.
- [13] 邢鹏飞, 张永巍, 杨鹏飞, 等. Solumbra 技术在急性大脑中动脉闭塞机械取栓中的应用[J]. *中华神经科杂志*, 2017, 50(3): 184–189.
- [14] Chueh JY, Puri AS, Wakhloo AK, et al. Risk of distal embolization with stent retriever thrombectomy and ADAPT[J]. *J Neurointerv Surg*, 2016, 8(2): 197–202.
- [15] He G, Deng J, Zhang Y, et al. Mechanical thrombectomy injury to the arterial wall: A comparison between catheter aspiration and stent retriever[J]. *Eur J Radiol*, 2021, 139: 109723.
- [16] Machi P, Ulm AJ, Bernava G, et al. Experimental evaluation of the NeVa thrombectomy device a novel stent retriever conceived to improve efficacy of organized clot removal[J]. *J Neuroradiol*, 2019, 46(3): 163–167.
- [17] Zhou G, Li MH, Lu HT, et al. No inferiority of tonbridge thrombectomy device for acute thrombus retrieval compared with Solitaire device: an experimental evaluation with a canine distal external carotid-maxillary artery occlusion model[J]. *J Neurointerv Surg*, 2018, 10(11): 1085–1091.
- [18] 梅照军, 许恩喜, 钱宇, 等. 手术时间对机械取栓病人术后症状性颅内出血及预后的影响[J]. *中国微侵袭神经外科杂志*, 2021, 26(5): 218–221.
- [19] Pop R, Finitis SN, Arquiza C, et al. Poor clinical outcome despite successful basilar occlusion recanalization in the early time window: incidence and predictors[J]. *J Neurointerv Surg*, 2023, 15(5): 415–421.

(本文编辑: 马萌萌, 许守超)