·综述·

急性缺血性脑卒中抽吸取栓的研究进展

谈世东 韦 涛 王 磊 李 俊 陈宗胜 费世早
华东师范大学附属芜湖医院,安徽 芜湖 241000
通信作者:谈世东

【摘要】 急性缺血性卒中(Acute Ischemic Stroke,AIS)是世界范围内导致死亡和严重残疾的重要疾病之一,其中AIS占脑卒中大多数,AIS呈现高病死率及高致残率,因此AIS患者的早期治疗显得尤为重要。AIS治疗的关键是急性闭塞动脉的开通及挽救半暗带;血管内治疗是AIS早期救治最核心救治方法,主要以抽吸技术及机械支架取栓为主,目前血管内治疗的标准方案是以支架取栓为主的血栓切除术,而抽吸取栓也实现了良好的血管造影和临床结果,具有快速再通及费用低等优点,直接血栓抽吸技术在AIS急诊取栓中与支架取栓并驾齐驱的主流开通技术,然而抽栓导管在管腔及通过性都还有限度,以及无法适应众多AIS患者的个体差异等缺点,目前抽吸装置的相关研究也越来越多,抽吸取栓发展趋势越来越快,本文就抽吸取栓在AIS患者血管内治疗中最新研究进展进行综述。

【关键词】 急性缺血性卒中;抽吸取栓;支架取栓
【中图分类号】 R743.3 【文献标识码】 A 【文章编号】 1673-5110(2022)08-1051-06
基金项目:芜湖市科技惠民计划(编号:2016hm18)

Research progress of thrombectomy in acute ischemic stroke

TAN Shidong, WEI Tao, WANG Lei, LI Jun, CHEN Zongsheng, FEI Shizao
Wuhu Hospital, East China Normal University, Wuhu 241000, China
Corresponding author: TAN Shidong

【Abstract】 Acute ischemic stroke (AIS) is one of the important diseases leading to death and severe disability worldwide, among which AIS accounts for the majority of strokes, and AIS presents a high fatality rate and high disability rate. Early treatment is particularly important. The key to the treatment of AIS is the opening of the acutely occluded artery and the rescue of the penumbra; endovascular treatment is the core treatment method for the early treatment of AIS, mainly based on suction technology and mechanical stent thrombectomy. Stent thrombectomy is mainly used for thrombectomy, and thrombectomy also achieves good angiographic and clinical results, and has the advantages of rapid recanalization and low cost. However, the thrombectomy catheter has limitations in lumen and passability, and cannot adapt to the individual differences of many AIS patients. At present, there are more and more related researches on suction devices, and the development of suction thrombectomy The trend is getting faster and faster. This article reviews the latest research progress in the endovascular treatment of patients with acute ischemic stroke.

【Key words】 Acute ischemic stroke; Aspiration thrombectomy; Mechanical thrombectomy

急性缺血性卒中(acute ischemic stroke,AIS)约占全部脑卒中的80%,而AIS治疗的关键是急性闭塞动脉的开通及挽救半暗带[1]。目前抽吸技术、抽吸装置的相关研究也越来越多,抽吸取栓发展趋势越来越快;本文就国内外AIS抽吸取栓最新研究进展作一综述。

1 直接抽吸首次通过技术

CHAPOT教授于2002年首次报道了人工抽吸取

DOI:10.12083/SYSJ.220477
本文引用信息:谈世东,韦涛,王磊,李俊,陈宗胜,费世早.急性缺血性脑卒中抽吸取栓的研究进展[J].中国实用神经疾病杂志,2022,25(8):1051-1056. DOI:10.12083/SYSJ.220477
Reference information: TAN Shidong, WEI Tao, WANG Lei, LI Jun, CHEN Zongsheng, FEI Shizao. Research progress of thrombectomy in acute ischemic stroke[J]. Chinese Journal of Practical Nevrous Diseases, 2022, 25(8): 1051-1056. DOI: 10.12083/SYSJ.220477

栓术，2013年推出的使用直接抽吸首次通过技术（a direct aspiration first-pass technique，ADAPT）提供了更快的再通时间和更低的手术成本。ADAPT的原理是将大口径导管输送到血栓位置，随后用抽吸法去除血栓，导管还可以被用作进行支架取栓术等其他操作通道。TURK等[2]公布COMPASS试验结果，选取270例患者，其中抽吸取栓首次通过组134例，支架取栓治疗组136例。主要终点为抽吸组和支架组90 d mRS 0~2分患者的比例分别为52%和50%，颅内出血的发生率分别为36%和34%。最终相对于90 d功能预后，直接抽吸取栓方案不次于支架取栓方案。这说明直接抽吸取栓与支架取栓在AIS大血管闭塞的患者取栓一线治疗方案上疗效是相当的。BERNSEN等[3]回顾性分析1 175例前循环大血管闭塞患者，其中207例（17.6%）接受直接抽吸取栓治疗，968例（82.4%）接受支架取栓治疗，抽吸组接受全麻比例较支架组高（54% vs 24%，$P<0.05$）。研究结果显示2组术后预后即mRS评分之间无差异；围术期并发症率之间亦无差别，成功再灌注（eTICI≥2b）的比例相似；直接抽吸取栓时间较支架取栓更短（57 min vs 70 min，$P<0.000\ 1$）。因此支架取栓与直接抽吸的疗效相当，直接抽吸手术耗时更短，因而患者自发病至再通的时间间隔更短。TURK等[4]回顾分析100个闭塞的大脑血管。单独使用ADAPT抽吸取栓在78%的病例中成功实现了（TICI）2b或TICI 3血运重建。联合使用支架取栓可将TICI 2b /3血运重建率提高至95%。从腹股沟穿刺到至少TICI 2b再通的平均时间为37 min。5MAX表现出与单独实施TICI 2b/3血运重建的5MAX ACE相似的成功（75% vs 82%），90 d功能结果为40%（改良Rankin量表（mRS 0~2）和20%（mRS 6）。ADAPT技术使用大口径抽吸导管治疗AIS实现良好的血管造影和临床结果。VARGAS等[5]分析191例接受ADAPT治疗的AIS患者，145例患者单独进行直接抽吸，43例需要额外使用支架取栓。直接抽吸的再通时间为29.6 min，而需要辅助支架取栓装置的情况为61.4 min。79例（57.7%）接受直接抽吸的患者在90 d（mRS 0~2）获得良好预后，而接受辅助治疗的患者为19例（43.2%，$P=0.12$）。ADAPT是一种有效的方法，可获得良好的临床和血管造影结果，并作为血运重建的有用的一线方法。

2 抽吸取栓装置

目前使用的抽吸技术及装置包括（ACE、Penumbra、Catalyst6、ARC、SOFIA导管）导管的技术进步涉及导管远端的输送能力和较大内径的改进，可获得更强的抽吸力。PROMISE试验[6]分析204例颅内前循环大血管闭塞急性AIS患者，症状出现后6 h内使用ACE68/ACE64导管进行初步治疗。研究结果显示，入组患者的中位年龄为74（65~80）岁，中位入院NIHSS为16（11~20）分。术后mTICI 2b-3血运重建率为93.1%，90 d mRS 0~2分为61%。手术器械及操作相关的严重不良事件发生率分别为1.5%和3.4%，90 d病死率为7.5%，脑出血发生率2.9%，1.5%的患者出现新血管流域梗死ADAPT中应用ACE68/ACE64导管是安全及有效的。YAEGER等[7]比较不同抽吸系统对血栓抽吸压力的区别，包括Penumbra Jet Engine，Penumbra Max，Stryker Medela AXS，Microvention Gomco以及60 mL注射器。Penumbra Jet Engine系统无论在最大抽吸压力方面（28.8 inches Hg）还是在导管末端的最大吸力方面均展现出了强大优势，与其他系统相比存在统计学差异。在Penumbra Jet Engine的条件下，最大口径导管直接与最大的导管末端吸力相关（32.12 gf）。导管内径与导管末端吸力间的相关系数为0.98，Penumbra Jet Engine系统无论在最大抽吸压力方面还是在导管末端的最大吸力方面都展现出了强大优势。

GROSS等[8]发现使用注射器进行人工抽吸取栓是安全有效，更加经济。分析106例AIS病例，24例（23%）的患者在接受单纯血栓抽吸术后需要辅助支架取栓。TICI 2b/3患者的再通率达到93%。穿刺-再通时间的中位数为25 min。相对使用抽吸泵，每例患者可节省550元，106例患者共节省58 300元。使用注射器进行血栓抽吸术较负压泵而言可以在更加经济、更加快速的前提下，取得同等甚至更佳的负压值以及治疗结果，国内部分医院常规使用注射器人工抽吸取栓。TONETTI教授[9]回顾了464例卒中患者接受了取栓治疗。抽吸方式为注射器手动抽吸。4种导管的选择情况如下：CAT6（69例，38.3%），ACE68（66例，36.7%），6F 0.072-inch Navien（25例，13.9%），Sofia Plus（20例，11.1%）。在全部患者中，有75例患者通过一次抽吸即实现血管再通（mTICI≥2b），占41.7%。4种导管的一次再通率分别为ACE68的36%，Sofia Plus的50%，CAT6的45%及0.072-inch Navien的40%，四者间无统计学差异。在180例患者中，170例患者（94%）最终实现了血管再通，4种导管之间未见差异。对于大血管闭塞的卒中患者，不同抽吸导管的选择对一次抽吸的血管再通

率、最终再通率以及患者的预后无影响。HEIT等[10]使用SOFIA导管治疗AIS患者;共接受了305例神经介入手术,299个手术(96%)在技术上取得了成功,未出现动脉夹层。SOFIA导管也在国内很多医院使用,其良好的顺应性可在无导丝导引直接抵达血栓闭塞的近端,大大缩短开通时间,便于术者操作。随后MARNATT等[11]分析296例以Sofia作为首选治疗方式的急性大血管闭塞性AIS患者,达到TICI 2b/3的成功再通率达到86.1%,完全再通率(TICI=3)为41.2%,一次性抽吸再通率为24.2%,挽救性支架技术应用率为29.7%,并发症率为9.5%,3个月良好预后率(mRS≤2)为43%。首选Sofia吸栓再通具有较高的安全性及有效性,首选Sofia吸栓再通的一次性再通率为24.2%。ALAWIEH等[12]分析510例患者,使用较大的导管(ACE 068和ACE 064),单纯抽吸再通成功率明显高于5MAX(分别为80.5%和84.9% vs 61.1%,P<0.05),但是ACE 060和5MAX再通成功率无统计学差异(P>0.05)。与ACE 060、5 MAX相比,使用ACE 068和ACE 064的患者中需要支架取栓辅助的患者比例明显降低(41.8% vs 27.8%和29.3%,P<0.05)。ACE 068和ACE 064也明显缩短了手术时间(P<0.05)。直接抽吸导管技术经历了快速的发展和进步,更大的内径提供了更大的吸引力,取得了更高的抽吸成功率、更快的再通时间和更低的手术成本,而对安全性无任何明显的负面影响。

3 前循环闭塞血管中应用

对于前循环急性缺血性卒中采用ADAPT进行血管内治疗是安全和有效的。ALTENBERND等[13]回顾性分析58例M2远端及M3段病变且接受了ADAPT治疗的病例。在M2远端和M3段病变中,53.4%(31/58)为孤立的远端闭塞,46.6%合并近端血管闭塞;6.5%(2/31)为孤立的M3段病变,71%(22/31)为孤立的M2病变,22.6%(7/31)为M2合并M3病变。91.4%(53/58)的患者在动脉取栓术前接受了静脉溶栓治疗,介入治疗后,100%患者达到MTCII 2b~3级再通,77.4%患者达到MTCI 3级再通。使用单纯抽吸达到83.9%(26/31)的再通率。在90 d内,96.8%(30/31)的患者mRS评分达0-2分。症状性颅内出血的发生率为0(0/31);无症状颅内出血发生率6.5%。对于M2或M3段闭塞的急性缺血性卒中患者,应用3MAX抽吸导管系统进行ADAPT治疗是安全和有效的,也可以联合其他辅助装置使用。TONETTI等[14]回顾性分析433个大血管闭塞取栓病例中,319例首选了手动抽吸取栓,其中113例患者需要多次。77%的病例施行了2次,成功再通率为54%;23%的病例进行了2次支架联合手动抽吸取栓技术,成功再通率为73%;55%的病例进行了3次支架联合手动抽吸取栓技术,成功再通率为77%。支架联合手动抽吸取栓技术治疗可以获得更高的再通成功率。因此高NIHSS评分和颈内动脉闭塞的患者应考虑早期联合进行取栓治疗。ALMANDOZ等[15]分析了152例连续使用ADAPT技术治疗的前循环ELVO患者作为我们机构使用ACE60,64或68的一线治疗。57例患者接受ACE60治疗(37.5%),35例接受ACE64治疗(23%),60例接受ACE68治疗(39.5%)。ACE60支架回收率为26%,ACE64为3%,ACE68为10%。使用较大口径的ACE 68抽吸导管与腹股沟穿刺再灌注时间较短,第一次ADAPT通过后再灌注成功率较高,也证明了首过效应。首过效应首先提出的,在急性动脉粥样硬化性闭塞性闭塞中出现,预测动脉粥样硬化性闭塞病变的敏感性、特异性、阳性预测值及准确性分别为90.9%,87.2%,80.0%,88.5%[16-17]。

YI等[16]研究共纳入连续347例经过机械血栓切除术的前循环急性缺血性卒中患者,完全再通率为75%~94%,单纯抽吸成功率为53%~78%。347例患者中,MCA闭塞者200例,颈内动脉虹吸段闭塞者89例,串联闭塞者58例。单纯抽吸成功再灌注(MICI 2b/3)率为55.6%,支架取栓为40%,总的成功再灌注率为83%。闭塞血管直径与抽吸导管直径的理想比例,这时血栓凝块容易被抽吸,血凝块表面容易被吸附。手术时机将影响抽吸技术的成功再灌注率,新形成的血栓不容易进入抽吸导管,具有时间依赖现象,与血栓负荷和不良侧支状态有关。ASTER试验比较接触抽吸技术或标准支架取栓技术作为一线血栓切除治疗的疗效发表在JAMA上[18],接触抽吸术192例或支架取栓术189例。主要终点为成功血运重建的比例,定义为手术结束时mTICI评分2b或3。成功再通率抽吸取栓组85.4%,支架取栓组为83.1%,未能达到相差15%优效性结果的试验初衷。作者认为采用接触抽吸术作为一线治疗方案并未增加手术结束时成功血运重建率。2018年GORY发布一项随机对照研究[19];急性AIS患者单纯M2闭塞抽吸取栓术与支架取栓术成功血运重建率;纳入了79例患者:48例分配给抽吸组,31例分配给支架组。2组之间在再灌注方面无统计学差异(89.6%对83.9%;P=0.36),mTICI 2c/3(54.2%对54.8%;P= 0.90),以及

mTICI 3(35.4%对41.9%;P=0.36)率。抽吸组和支架组在90 d改良Rankin量表≤2率(54.4%对50.0%;P=0.84)。2组之间的安全性参数均衡良好,抽吸组的90 d病死率较高(19.6%对3.3%;P=0.078)。与支架取栓相比,抽吸取栓术并未提高单纯M2闭塞所致急性AIS患者的血管再通率。韩国KIM等[20]也持同样的观点,对比大脑中动脉M2闭塞的血管内血栓切除术中的抽吸与支架拉栓取栓效果的研究。采用Penumbra再灌注导管系列(041或4 Max, Penumbra),研究共纳入患者41例,中位年龄72岁,NIHSS中位值为13分。其中采用Penumbra抽吸导管单纯抽吸(forced arterial suction thrombectomy, FAST)技术组25例,支架拉栓组16例,2组等基线指标均未见差异;2组总体再通率、预后、并发症率均无差异,但支架取栓穿刺-再通时间更短,采用支架型取栓装置似乎能够更快地获得再灌注。

4 后循环闭塞血管中的应用

目前脑卒中取栓随机试验前循环卒中患者的研究较多,很少有关于后循环卒中的数据。GORY等[21]发表了一项直接血栓抽吸术与支架取栓术对基底动脉闭塞的影响的研究:包括血管再以及临床预后的影响。在纳入研究的100例成人患者中,46例首选直接血栓抽吸术,其中12例患者(26.1%)采用了挽救性的支架取栓术,54例首选支架取栓治疗,2组的基本特征差异无统计学意义。血管成功再通率为79%,总有效率为36.8%,90 d全因病死率为44.2%。直接血栓抽吸术组的手术持续时间(中位时间45 min, IQR 34~62 min vs 56 min, IQR 40~90 min; P = 0.05)和围手术期并发症的发生率(4.3% vs 25.9%, P = 0.003)均显著降低。在基底动脉闭塞患者中,血管的成功再通是90 d良好预后的有力预测因素。选择血栓抽吸术作为一线策略,提高了完全血管再通的比率并减少了手术时间。因此,直接血栓抽吸术作为急性基底动脉闭塞的首选方法可能是一个很好的选择。

5 其他

对于急性颅内大血管闭塞的治疗,实际手术过程中首次取栓即获得有效再通的比例并不高,临床医生常常会选择补救性措施,二次甚至多次操作或者更换别的方法,KANG等[22]分析955例患者接受治疗方式的不同纳入支架取栓治疗组526例以及抽吸取栓治疗组429例,符合取栓支架选用:Solitaire FR/AB或Trevo,抽吸装置主要Penumbra系统。2组最终的有效再通率无显著差别(SR:82.1%,CA:80.2%),但是使用支架取栓进行操作的首次取栓后的有效再通率显著高于抽吸取栓组(SR vs CA 35.6% vs 15.4%),取栓支架的首次取栓有效再通率较抽吸装置高,抽吸装置取栓治疗后其补救性措施的应用比例高于支架取栓组,补救性措施与患者的不良预后相关。YOO等[23]在Stroke上发表了一项研究结果,血栓的长度是影响单独静脉r-tPA溶栓和静脉溶栓后桥接动脉内血栓切除术(抽吸血栓)预后的关键因素。只有症状性血栓长度≥8 mm才能入组。108例患者血栓平均长度为14 mm,较长血栓与预后不良密切有关(90 d mRS: OR, 1.24/血栓增长5 mm; 95% CI 1.04~1.52; P=0.02),较长血栓与更加严重不良事件、更多症状性出血以及病死率增加有关。而血栓长度和血管造影再灌注(TICI 2b-3)之间未发现明显关系,但是较长血栓与较长血管内手术治疗时间有关。对于刚刚开展神经介入的医生而言,哪种技术更容易掌握同样是值得我们关注的问题。NISHI等人[24]分析首选支架取栓组45例,首选ADAPT技术组44例,2组相比较再通率及平均操作时间,支架取栓组的均优于ADAPT组(84% vs 65%, P=0.01; 42 min vs 76 min, P=0.04)。此外亚组分析显示:无论团队还是个人其对支架取栓技术的掌握速度均较ADAPT技术快,其所需的学习曲线时间更短,更适合于相对较小卒中中心早期工作的开展。国内一项研究急性缺血性卒中血管内治疗关键技术及急救流程改进研究 Endovascular Treatment Key Technique and Emergency Work Flow Improvement of Acute Ischemic Stroke, ANGEL-ACT)[25]认为急性卒中患者的直接抽吸首次血栓切除术落后,与支架首次取栓相比,抽吸首次取栓进行的血栓切除术要少得多,再通率较低、增加抢救治疗和增加脑出血风险相关。TONG等[25]为研究支架联合抽吸和单独支架取栓是否具有较好的影像学结局,开展了多中心、开放以及终点盲法的随机对照试验,在大血管闭塞引起的急性缺血性卒中患者中,与单独支架取栓相比,抽吸联合支架取栓并未显著提高手术结束时血管内成功再灌注率。LAPERGUE等[26]在一项动物实验中发现ADAPT技术中导管的选择建议选用血管导管率≤1.51的导管以增加成功再通率(mTICI≥2 b),考虑到大脑中动脉的平均直径,中间导管的内径应≥1.5 mm,以实现mTICI≥2 b。

对于AIS合并前循环近端大血管闭塞的患者,在

卒中症状出现后6 h内可以得到治疗，均应采用第二代支架取栓器或导管抽吸装置进行机械取栓[27-28]。PRECIOUS等[29]研究血栓成分可能会影响机械血栓切除术、再通操作次数、抽吸取栓和溶栓潜力，一般富含纤维蛋白的凝块与增加的再通操作、更长的手术时间和不好临床结果相关。抽吸取栓抽吸压力的应用会导致血栓撞击抽吸位置附近的内动脉壁，影响再通成功率[30]。MOHAMED等[31]研究血栓切除相关栓子是AIS血栓切除术的潜在危险并发症，比较抽吸血栓切除术和支架取栓器血栓切除术不是血栓切除相关栓子发生率的独立预测因子，手术时间往往会影响成功的再通。

一般普遍接受AIS血管内血栓切除术前的静脉溶栓[32]，但是RENÚ等[33]颠覆传统认知反其道，研究血栓切除术后辅助动脉内阿替普酶治疗是否能改善再灌注后的预后，由于COVID-19大流行而提前终止，但是结论令人鼓舞，24 h内出现症状性颅内出血的患者比例在阿替普酶组为0%，在安慰剂组为3.8%。阿替普酶组的90 d病死率为8%，安慰剂组为15%。对AIS患者能够开始适当的二级预防治疗普及血管内血栓切除术，使用先进的成像技术来扩展治疗窗口和开发神经保护剂以防止继发性神经元损伤[34]。此外唯一可用选择是静脉阿替普酶和血管内治疗，这两种治疗都具有高度的时间依赖性，使用支架取回器和抽吸的联合血管内治疗方法是实现快速首过完全再灌注的最有效方法，同时也依赖院前高效转运系统[35]，在AIS血管内血栓切除术的实际实践中，包括对术中血管造影征象的分析也至关重要[36]。

真实世界中直接抽栓与支架取栓一样[37-38]，其效果均受限于患者和器材两个因素，目前可用的抽栓导管在管腔及通过性都还有限度、无法适应众多AIS患者的个体差异，所以现有临床实际操作还是以抽吸取栓联合支架取栓为快速开通AIS大血管闭塞的最佳方法，但即使这样，整体有效率仍提高不明显，个中细节仍有待进一步研究。

6 参考文献

[1] 陈伟，梅照军，曹侃，等.颅内动脉高密度征在急性前循环大动脉闭塞取栓治疗中的临床意义[J]. 中国实用神经疾病杂志，2021，24(17)：1473-1481. DOI：10.12083/SYSJ.2021.17.020.

[2] TURK A S, SIDDIQUI A, FIFI J T, et al. Aspiration thrombectomy versus stent retriever thrombectomy as first-line approach for largevessel occlusion (COMPASS): a multicentre, randomised, open label, blinded outcome, non-inferiority trial [J]. Lancet, 2019, 393 (10175): 998-1008. DOI: 10.1016/S0140-6736 (19) 30297-1.

[3] BERNSEN M L E, GOLDHOORN R B, VAN OOSTENBRUGGE R J, et al. Equal performance of aspiration and stent retriever thrombectomy in daily stroke treatment[J]. J Neurointerv Surg, 2019, 11(7): 631-636. DOI: 10.1136/neurintsurg-2018-014270.

[4] TURK A S, FREI D, FIORELLA D, et al. ADAPT FAST study: a direct aspiration first pass technique for acute stroke thrombealctomy[J]. J Neurointerv Surg, 2018, 10(Suppl 1): i4-i7. DOI: 10.1136/neurintsurg-2014-011125.rep.

[5] VARGAS J, SPIOTTA A, FARGEN K, et al. Long term experience using the ADAPT technique for the treatment of acute ischemic stroke[J]. J Neurointerv Surg, 2017, 9(5): 437-441. DOI: 10.1136/neurintsurg-2015-012211.

[6] SCHRAMM P, NAVIA P, PAPA R, et al. ADAPT technique with ACE68 and ACE64 reperfusion catheters in ischemic stroke treatment: results from the PROMISE study [J]. J Neurointerv Surg, 2019, 11 (3): 226-231. DOI: 10.1136/neurintsurg-2018-014122.

[7] YAEGER K, ISERSON A, SINGH P, et al. A technical comparison of thrombectomy vacuumaspiration systems[J]. J Neurointerv Surg, 2019, 12 (1): 72-76. DOI: 10.1136/neurintsurg-2019-014929.

[8] GROSS B A, JADHAV A P, JOVIN T G, et. al. Dump the pump: manual aspiration thrombectomy (MAT) with a syringe is technically effective, expeditious, and cost-efficient [J]. J Neurointerv Surg, 2018, 10 (4): 354-357. DOI: 10.1136/neurintsurg-2017-013520.

[9] TONETTI D A, DESAI S M, CASILLO S, et al. Large-bore aspiration catheter selection does not influence reperfusion or outcome after manual aspiration thrombectomy [J]. J Neurointerv Surg, 2019, 11(7): 637-640. DOI: 10.1136/neurintsurg-2018-014633.

[10] HEIT J J, WONG J H, MOFAFF A M, et al. Sofia intermediate catheter and the SNAKE technique: safety and efficacy of the Sofia catheter without guidewire or microcatheter construct [J]. J Neurointerv Surg, 2018, 10(4): 401-406. DOI: 10.1136/neurintsurg- 2017-013256.

[11] MARNAT G, BARREAU X, DETRAZ L, et al. First-Line Sofia Aspiration Thrombectomy Approach within the Endovascular Treatment of Ischemic StrokeMulticentric Registry: Efficacy, Safety, and PredictiveFactors of Success[J]. AJNR Am J Neuroradiol, 2019, 40(6): 1006-1012. DOI: 10.3174/ajnr.A6074.

[12] ALAWIEH A, CHATTERJEE A R, VARGAS J, et al. Lessons Learned Over More than 500 Stroke Thrombectomies Using ADAPT With Increasing Aspiration Catheter Size[J]. Neurosurgery, 2020, 86(1): 61-70. DOI: 10.1093/neuros/nyy444.

[13] ALTENBERND J, KUHNT O, HENNIGS S, et al. Frontline ADAPT therapy to treat patients with symptomatic M2 and M3 occlusions in acuteischemic stroke: initial experience with the Penumbra ACE and 3MAX reperfusion system[J]. J Neurointerv Surg, 2018, 10(5): 434-439.

[14] TONETTI D A, DESAI S M, CASILLO S, et al. Stentriever salvage after failed manual aspiration thrombectomy [J]. J Neurointerv Surg, 2019, 11 (8): 747-750. DOI: 10.1136/neurintsurg-2017-013233.

[15] DELGADO ALMANDOZ J E, KAYAN Y, WALLACE A N, et al. Larger ACE 68 aspiration catheter increases first-pass efficacy of ADAPT technique [J]. J Neurointerv Surg, 2019, 11 (2): 141-146. DOI: 10.1136/neurintsurg-2018-013957.

[16] YI T Y, CHEN W H, WU Y M, et al. Microcatheter "First-Pass Effect" Predicts Acute Intracranial Artery Atherosclerotic Disease-Related Occlusion [J]. Neurosurgery, 2019, 84 (6): 1296-1305. DOI: 10.1093/neuros/nyy183.

[17] BLANC R, REDJEM H, CICCIO G, et al. Predictors of the Aspiration Component Success of a Direct Aspiration First Pass Technique (ADAPT) for the Endovascular Treatment of Stroke Reperfusion Strategy in Anterior Circulation Acute Stroke[J].

Stroke, 2017, 48(6): 1588-1593. DOI: 10.1161/STROKEAHA.116.016149.

[18] LAPERGUE B, BLANC R, GORY B, et al. Effect of Endovascular Contact Aspiration vs Stent Retriever on Revascularization in Patients With Acute Ischemic Stroke and Large Vessel Occlusion: The ASTER Randomized Clinical Trial[J]. JAMA, 2017, 318(5): 443-452. DOI: 10.1001/jama.2017.9644.

[19] GORY B, LAPERGUE B, BLANC R, et al. Contact Aspiration Versus Stent Retriever in Patients With Acute Ischemic Stroke With M2 Occlusion in the ASTER Randomized Trial (Contact Aspiration Versus Stent Retriever for Successful Revascularization) [J]. Stroke, 2018, 49 (2): 461-464. DOI: 10.1161/STROKEAHA.117.019598.

[20] KIM Y W, SON S, KANG D H, et al. Endovascular thrombectomy for M2 occlusions: comparison between forced arterial suctionthrombectomy and stent retriever thrombectomy[J]. J Neurointerv Surg, 2017, 9 (7): 626-630. DOI: 10.1136/neurintsurg-2016-012466.

[21] GORY B, MAZIGHI M, BLANC R, et al. Mechanical thrombectomy in basilar artery occlusion: influence of reperfusion on clinical outcome and impact of the first-line strategy (ADAPT vs stent retriever) [J]. J Neurosurg, 2018, 129 (6): 1482-1491. DOI: 10.3171/2017.7.JNS171043.

[22] KANG D H, KIM J W, KIM B M, et al. Need for rescue treatment and its implication: stentretriever versus contact aspiration thrombectomy [J]. J Neurointerv Surg, 2019, 6. pii: neurintsurg-2018-014696.

[23] YOO A J, KHATRI P, MOCCO J, et al. Impact of Thrombus Length on Outcomes After Intra-Arterial Aspiration Thrombectomy in the THERAPY Trial[J]. Stroke, 2017, 48 (7): 1895-1900. DOI: 10.1161/STROKEAHA.116.016253.

[24] NISHI H, ISHII A, NAKAHARA I, et al. Different learning curves between stent retrieval and a direct aspiration first-pass technique for acute ischemic stroke[J]. J Neurosurg, 2018, 129(6): 1456-1463.

[25] TONG X, WANG Y, BAUER C T, et al. Current status of aspiration thrombectomy for acute stroke patients in China: data from ANGEL-ACT Registry[J]. Ther Adv Neurol Disord, 2021, 14: 17562864211007715. DOI: 10.1177/17562864211007715.

[26] LAPERGUE B, BLANC R L, 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. DOI: 10.1001/jama.2021.13827.

[27] GISELE S SILVA, RAUL G NOGUEIRA. Endovascular Treatment of Acute Ischemic Stroke [J]. Continuum (Minneap Minn), 2020, 26 (2): 310-331. DOI: 10.1212/CON.0000000000000852.

[28] FESKE S K. Ischemic Stroke[J]. Am J Med, 2021, 134(12): 1457-1464. DOI: 10.1016/j.amjmed.2021.07.027.

[29] JOLUGBO P, ARIËNS R A S. Thrombus Composition and Efficacy of Thrombolysis and Thrombectomy in Acute Ischemic Stroke [J]. Stroke, 2021, 52 (3): 1131-1142. DOI: 10.1161/STROKEAHA.120.032810.

[30] OYEKOLE O, SIMON S, MANNING K B, et al. Modeling acute ischemic stroke recanalization through cyclic aspiration [J]. J Biomech, 2021, 128: 110721. DOI: 10.1016/j.jbiomech.2021.110721.

[31] NABIL M, CHATER G, CORREIA P, et al. Thrombectomy-Related Emboli: Direct Aspiration versus Stent Retriever Thrombectomy for Acute Ischemic Stroke: Our Experience and Literature Review [J]. World Neurosurg, 2020, 135: e588-e597. DOI: 10.1016/j.wneu.2019.12.071.

[32] SAVER J L, ADEOYE O. Intravenous Thrombolysis Before Endovascular Thrombectomy for Acute Ischemic Stroke[J]. JAMA, 2021, 325(3): 229-231. DOI: 10.1001/jama.2020.22388.

[33] RENÚ A, MILLÁN M, ROMÁN L S, et al. Effect of Intra-arterial Alteplase vs Placebo Following Successful Thrombectomy on Functional Outcomes in Patients With Large Vessel Occlusion Acute Ischemic Stroke: The CHOICE Randomized Clinical Trial [J]. JAMA, 2022, 327 (9): 826-835. DOI: 10.1001/jama.2022.1645.

[34] HURFORD R, SEKHAR A, HUGHES T A T, et al. Diagnosis and management of acute ischaemic stroke[J]. Pract Neurol, 2020, 20(4): 304-316. DOI: 10.1136/practneurol-2020-002557.

[35] OSPEL J M, HOLODINSKY J K, GOYAL M, et al. Management of Acute Ischemic Stroke Due to Large-Vessel Occlusion: JACC Focus Seminar [J]. J Am Coll Cardiol, 2020, 75 (15): 1832-1843. DOI: 10.1016/j.jacc.2019. 10.034.

[36] LIANG W Z, WANG Y M, DU Z H, et al. Intraprocedural Angiographic Signs Observed During Endovascular Thrombectomy in Patients With Acute Ischemic Stroke: A Systematic Review [J]. Neurology, 2021, 96 (23): 1080-1090. DOI: 10.1212/WNL.0000000000012069.

[37] PAMPANA E, FABIANO S, DE RUBEIS G, et al. Tailored Vessel-Catheter Diameter Ratio in a Direct Aspiration First-Pass Technique: Is It a Matter of Caliber?[J]. AJNR Am J Neuroradiol, 2021, 42(3): 546-550. DOI: 10.3174/ajnr.A6987.

[38] 李宇辉,许超杰,罗焕,等.高盐饮食人群发生缺血性脑卒中风险的列线图模型[J]. 中国实用神经疾病杂志, 2022, 25(3): 270-275. DOI: 10.12083/SYSJ.220256.