

急性缺血性脑卒中血管内治疗术前评估研究进展

陈旺¹,田大臣¹,孙洪扬²,宋小洁²,王贤军²

摘要 2015年发表的五项多中心随机临床试验证实血管内治疗急性缺血性卒中(AIS)的有效性和安全性,成为AIS血管内治疗的里程碑。而患者能否从中获益源于适应证的严格筛选,强调术前评估的重要性,尤其对侧枝循环的评估具有重要价值。但术前如何更快更准确筛选适宜血管内治疗的患者一直是研究者探索的难题。本文首先对侧枝循环进行概述,后将根据患者临床表现与影像学资料,围绕体格检查、机体基础状况、电子计算机断层扫描(CT)、磁共振(MRI)-弥散加权成像(DWI)、多模CT及多模MRI具体阐述AIS血管内治疗术前评估方法,以期寻找最佳术前评估策略。

关键词 急性缺血性卒中;侧枝循环;术前评估

中图分类号 R741;R741.05;R743.3 **文献标识码** A **DOI** 10.16780/j.cnki.sjssgncj.2019.07.008

陈旺,田大臣,孙洪扬,等.急性缺血性脑卒中血管内治疗术前评估研究进展[J].神经损伤与功能重建,2019,14(7):353-356.

2013年三项随机对照临床试验证实,与静脉溶栓相比,急性缺血性卒中(acute ischemic stroke,AIS)患者行血管内治疗并不获益^[1-3]。2015年五项多中心随机临床试验证实“时间窗”内血管内治疗AIS的有效性和安全性^[4];最近,DAWN与DEFUSE 3试验将血管内治疗“时间窗”延长至24 h^[5,6]。上述研究结果归功于术前通过临床病情及影像学评估严格筛选符合纳入标准的患者,其中对侧枝循环的评估具有重要意义。目前,如何在“时间窗内”更快、更准确筛选血管内治疗获益的患者仍是探索焦点;然而较多研究聚集在血管内治疗技术的探索^[7]。本文就AIS有关临床病情及影像学资料筛选手段的研究进展进行综述,以期寻找AIS血管内治疗的最佳术前评估策略。

1 侧枝循环

1.1 概述

脑侧枝循环代偿分为三级:一级代偿通过Willis环实现,二级代偿通过颅外动脉与颅内动脉吻合、软脑膜支吻合及其他远端较小侧枝与侧枝之间吻合实现,三级代偿通过新生血管形成实现。一级侧枝循环代偿如不能满足灌注需求,二级侧枝循环随即开放,三级侧枝循环代偿因为血管新生过程,需在缺血数天后才能建立血流代偿^[8]。对侧枝循环的评估有助于筛选血管内治疗获益的患者,具有重要的临床价值。

1.2 临床价值

术前对侧枝循环的评估可对AIS血管内治疗患者进行疗效评估。Bang等^[9]研究证实,侧枝循环代偿功能越好,血管完全再通的比例越高。Lima等^[10]研究发现,侧枝循环可能通过增加纤溶酶原激活物到达血栓部位的浓度或通过改变血栓紧缩状态使其易被溶解而影响血管再通程度。另有研究认为,血管再通程度越好,具有良好治疗结局的患者比例

越高。另外,侧枝循环功能可独立预测血管再通治疗后梗死体积是否增长,不管血管是否再通,侧枝循环功能不好,脑梗死体积将明显增加^[11]。

术前对侧枝循环的评估可对AIS血管内治疗血管再通患者进行出血转化风险评估^[12]。Christoforidis等^[13]研究显示,软脑膜侧枝功能越差,AIS行动脉内溶栓后出血转化发生率越高。Lima等^[10]还发现,软脑膜侧枝功能越好,90 d功能预后越好。此外,侧枝循环功能也为AIS“超时间窗”患者行血管内治疗个体化筛选提供了评估手段^[14]。但是否应将侧枝循环评价作为急性缺血性卒中血管内治疗前的常规影像学筛查指标及术前进行侧枝循环评价是否会延迟血管内治疗仍无定论。

2 临床病情评估

2.1 体格检查评估

血运重建具有时间依赖性,院前和入院早期阶段对大血管事件的迅速识别至关重要,可帮助患者绕过初级卒中中心,直接转运到具有血管内治疗资质的高级卒中中心^[15]。

评估AIS患者大血管病变的客观量表众多,分为简单评分量表和复杂评分量表,简单评分量表包括面-臂-言语-时间(face-arm-speech-time,FAST)量表、辛辛那提卒中评估工具(Cincinnati Stroke Triage Assessment Tool,C-STAT)、洛杉矶运动量表评分(Los Angeles Motor Scale,LAMS)与院前急性卒中严重程度评估量表(Prehospital Acute Stroke Severity scale,PASS)等,复杂评分量表包括美国国立研究院卒中量表(National Institutes of Health Stroke Scale,NIHSS)与快速动脉闭塞评估量表(Rapid Arterial Occlusion Evaluation Scale,RACE)等^[15]。其中,FAST评分量表与NIHSS评分量表在临床中应用频率更高。FAST量表根据临床表现评分,使用简单、迅速,且正确识别缺血性卒中事件的

作者单位

1. 青岛大学第十一
临床医学院

山东 临沂 276000

2. 临沂市人民医院
神经内科

山东 临沂 276000

基金项目

山东省临沂市科技发展计划项目(No. 201717005)

收稿日期

2018-08-13

通讯作者

王贤军

wangxianjun008@

163.com

敏感性更高,FAST 试验识别前循环大血管闭塞的敏感性较高,但特异性差。Scheitz 等^[15]研究发现 NIHSS 评分中的凝视项与前循环大血管闭塞的相关性最强,因此,在 FAST 评分基础上增加凝视项(gaze-face-arm-speech-time,G-FAST)组成新的评估量表,提高识别前循环大血管闭塞的特异性,简化临床筛选策略,但仍需院前前瞻性研究评价该新量表的临床应用价值。

目前,美国心脏协会/美国卒中协会(American Heart Association, AHA /American Stroke Association, ASA)发布的 2018 版指南仍推荐使用 NIHSS 评分筛选适合血管内治疗的 AIS 患者^[16]。NIHSS 评分越高,发生前循环大动脉闭塞的可能性越大^[17]。另外,NIHSS 评分还可预测血管内治疗血管再通后的功能结局^[18]。一项基于五大试验的 Meta 分析显示,当 NIHSS 评分 ≥ 11 分,与静脉溶栓相比,血管内治疗可明显改善患者 90 d 功能预后;对 NIHSS 评分 ≤ 10 分的轻型卒中患者,行血管内治疗的预后并不优于静脉溶栓^[4]。但完整 NIHSS 评分条目多、使用复杂,且 NIHSS 评分随病情进展具有波动性,对大血管闭塞的预测具有时间依赖性,发病超过 6 h,其预测准确性明显降低^[17]。

2.2 机体基础状况评估

Shuaib 等^[19]研究显示,机体系统性因素可影响侧枝循环功能,导致梗死面积扩大,进而影响预后;涉及的因素包括解剖结构的变异如 Willis 环的先天缺如、超高热、高血糖、血液黏度的增加、心肺疾病、肾脏功能障碍、全身感染状态、脱水、电解质紊乱、使用高剂量降压药物及广泛的血管硬化状态等。另外,年龄和遗传特性等不可控因素也可影响侧枝循环功能^[20]。这就要求必须个体化综合评估 AIS 患者的术前状态,尤其对前循环大动脉闭塞而临床表现为轻型卒中的患者评估其侧枝循环功能,可以判断行血管内治疗能否获益^[31]。

AIS 治疗的关键是在脑组织进展为不可逆损伤以前恢复缺血半暗带的血流,比如静脉溶栓和(或)血管内治疗^[21]。尽管基于临床病情的术前评估明显缩短筛选时间,为 AIS 患者时间窗内行血管内治疗增加了概率,但其特异性不高,常发生对大血管事件的误判、漏诊,这就要求必须结合影像学资料筛选真正获益的患者。

3 影像学资料的评估

3.1 电子计算机断层扫描(computed tomography, CT)

由于 CT 普及范围广、经济消费低及成像速度快等优点,中美指南一致将 CT 平扫作为 AIS 的首选影像学检查手段^[16,22]。CT 能排除脑出血,可识别卒中早期改变征象如大脑中动脉高密度征、岛叶征、豆状核区灰白质分界不清、脑沟消失及局部脑实质低密度。基于 CT 的 Alberta 卒中项目早期 CT 评分(Alberta Stroke Program early Computed Tomography Score, ASPECTS)具有可预测血管再通后的功能结局及症状性出血转化(symptomatic intracranial hemorrhage, sICH)风险的作用^[23]。ASPECTS 最高 10 分,评分越低,意味大脑中动脉供血区域缺血性改变范围越大。Barber 等^[24]研究显示,ASPECTS ≤ 7 分预示血管再通后功能结局差且 sICH 发生率将增高。最近血管内治

疗 AIS 的多中心随机临床试验(Multicenter Randomized Clinical Trial OF Endovascular Treatment for Acute Ischemic Stroke in the Netherlands, MR CLEAN)亚组分析显示 ASPECTS 5~7 分患者行血管内治疗也可获益^[25];ASPECTS 0~4 分血管内治疗能否获益,目前尚无研究定论。但颅脑 CT 对缺血性卒中超早期脑组织变化不敏感,限制了 ASPECTS 的临床应用。

3.2 磁共振(Magnetic Resonance Imaging, MRI)-弥散加权成像(Diffusion Weighted Imaging, DWI)

MRI-DWI 早期即可显示缺血性脑组织变化, Kimura 等^[26]证实, DWI 序列分析的 ASPECTS(DWI-ASPECTS)评分可预测患者静脉溶栓后的功能结局,对 DWI-ASPECTS >5 分的患者获益更大, DWI-ASPECTS ≤ 5 分预示功能结局更差。2015 年五大临床试验证实 AIS 血管内机械取栓的有效性及安全性,但 ASPECTS ≤ 5 分的患者极少纳入研究^[4]。到 2017 年 Desilles 等^[27]指出,当 DWI-ASPECTS ≤ 6 分,行机械取栓血管再通后仍可降低患者的致残率和病死率,且未增加 sICH 发生率,但该研究结果仍需大样本随机对照试验进一步验证。

DWI 不仅能预测功能结局,其与磁共振成像液体衰减反转恢复序列(fluid-attenuated inversion recovery, FLAIR)的不匹配可筛选症状发生时间不明确、是否仍在血管内治疗时间窗的患者^[28]。此外,根据 DWI 还可较准确地定量计算脑组织核心梗死体积。核心梗死体积是最有力的预后预测因素:核心梗死体积 <25 mL,患者预后结局好;核心梗死体积 >60 mL,预后结局差;核心梗死体积 25~60 mL,须结合侧枝循环功能等因素综合评估^[29]。尽管 DWI 测量核心梗死体积敏感性 & 特异性高,但其成像速度慢且信号易因患者躁动受干扰。

3.3 多模 CT

3.3.1 CT 灌注成像(computed tomography perfusion, CTP)

Kim 等^[30]研究认为, CTP 可更好地评估核心梗死区。血管内治疗 AIS 的多中心随机临床试验(Multicenter Randomized Clinical Trial OF Endovascular Treatment for Acute Ischemic Stroke in the Netherlands, MR CLEAN)及延长急性神经功能缺损至动脉内溶栓时间的临床试验(The Extending the Time for Thrombolysis in Emergency Neurological Deficits-Intra-Arterial trial, EXTEND-IA)仅用 CTP 评估核心梗死体积。一项基于血管内机械取栓作为 AIS 血管内主要治疗试验(Solitaire TM with the Intention for Thrombectomy as Primary Endovascular Treatment for Acute Ischemic Stroke, SWIFT PRIME)的研究显示,无论血管是否再通, CTP 均可预测最终梗死区,且预测 DWI 核心梗死的最佳相对脑血流量(relative cerebral blood flow, rCBF) $<38\%$,最佳相对脑血容量(relative cerebral blood volume, rCBV) $<44\%$ ^[31]。

3.3.2 CTA 五大临床随机对照试验应用 CTA 筛选大血管事件

的原因是 CTA 判断颅内大动脉闭塞的敏感性 & 特异性均很高,且成像速度快,约 15 min^[32]。此外, CTA 可判断血栓位置,尤其对血栓负荷程度的评估具有重要临床意义。Volker 等^[33]研究显示血栓负荷程度越重,血栓负荷评分(Clots Burden Score, CBS)越低, ASPECTS 评分将降低, NIHSS 评分将增高,提示最

终梗死体积会增大、sICH 风险增高及预后结局更差,尤其当 CBS $\leq$ 5 分时,死亡风险可达 44%。ASPECTS 偏重脑实质病变的不同位置,而 CBS 侧重评价血栓在血管内分布的位置,并对不同病变部位给予不同权重。

Lima 等^[10]利用基于 CTA 的软脑膜侧枝循环分级评分(最高为 5 分,分数越高,侧枝循环越好)研究侧枝循环与颅内大动脉闭塞后长期预后之间的关系认为,评分 $\geq$ 3 分患者获益可能性更大,1~2 分患者死亡风险明显增高;该研究同时证明既往高血压病史及平均收缩压增高将降低侧枝循环开放程度。但该研究属回顾性研究,难以避免选择性偏倚,仍需前瞻性队列研究证明此结论。此外单时相 CTA 缺少时间分辨相,而动态 CTA 对侧枝循环的评估需获得 CTP 信息与操作后处理系统,这和数字减影血管造影(Digital Subtraction Angiography, DSA)结果相比,会有不同程度误差。最近有研究者探索利用具有时间分辨率的多时相 CTA 对软脑膜侧枝循环进行新的分级评分,提高对侧枝循环评估的准确性,但临床尚未普遍推广,仍需大样本研究验证其临床使用价值^[34]。

长期以来,静脉引流系统对 AIS 预后作用的评价很少有人关注。最近 Parthasarathy 等^[35]根据单相 CTA 定义一种新的静脉 PRECISE (Prognostic Evaluation based on Cortical vein score difference In Stroke score, PRECISE)评分系统显示,评分越高,说明皮质浅静脉充盈越差,90 d 功能预后越差。但静脉引流不畅引起不良预后的机制尚不清楚,并且这些研究未客观评价皮质静脉充盈的分布,当 CTA 静脉期造影剂显影时,动脉软脑膜侧枝的延迟逆向血流易与皮质静脉混淆。van den Wijngaard 等^[36]利用动态 CTA 证实皮质浅静脉充盈速度越快及充盈范围越广,预后结局越好。Zhang 等^[37]基于动态 CTA 成像分析认为,大脑中浅静脉(superficial middle cerebral vein, SMCV)充盈不良能独立预测 AIS 患者预后功能结局,尤其是血管未通患者预后不良的比例更高,并阐明静脉充盈不良的主要危害是脑水肿;该研究为 AIS 患者行血管内治疗提供新的术前评估方法,但该临床试验属回顾性研究,难以避免选择性偏倚,仍需大样本前瞻性随机对照试验进一步验证。综上所述,除评估核心梗死体积,多模 CT 尤其 CT 血管造影(computed tomography angiography, CTA)在评价责任血管、侧枝循环、静脉回流等方面有重要临床意义。

3.4 模 MRI-灌注加权成像(perfusion weighted imaging, PWI)

尽管 MRI 与 CT 及多模 CT 成像比,耗费时间长,会延长 AIS 时间窗内行血管内治疗的时间,但 MRI 尤其多模 MRI 有独特优势,尤其对“超时间窗”患者的筛选具有重要价值。Wheeler 等^[38]证实, DWI 和早期随访 PWI 可对 AIS 血管内治疗后最终梗死体积做出合理预测,若脑组织再灌注 $>90\%$,早期 DWI 体积与最终梗死体积具有高度相关性($r=0.95$, $P<0.001$);若再灌注 $<10\%$,基线 PWI 体积与最终梗死体积具有高度相关性($r=0.86$, $P=0.002$)。Jovin 等^[9]进行的临床试验纳入发病 6~24 h 的 AIS 患者,对存在 DWI 与 CTP/PWI 不匹配的患者直接行血管内治疗仍能获得较好预后,且并未增加 sICH 发生率;该研究突破 AIS 血管内治疗“时间窗”的限制,强调术前影像学筛选 AIS 患者行血

管内治疗的重要性。但 MRI 成像时间长,对患者躁动更敏感,相对限制其在 AIS 行血管内治疗术前评估中的应用。

基于影像学资料对 AIS 血管内治疗患者进行术前评估分为三方面:第一,判断目标血管;第二,评估缺血半暗带;第三,风险评估包括侧枝循环对血管内治疗的评估、核心梗死区对血管内治疗的评估、静脉回流系统对血管内治疗的评估及灌注-梗死不匹配对血管内治疗的评估。临床应根据具体情况选择不同影像检查手段,一般首选 CT,多模 CT 在判断目标血管状况、评估侧枝循环、评估核心梗死体积及评估静脉引流系统方面均有重要价值,多模 MRI 多用于筛选“超时间窗”的患者, DWI 与多模 CT 也可筛选“超时间窗”患者。

临床通常综合临床病情及影像学检查对 AIS 血管内治疗患者进行术前评估,筛选真正获益的患者。如 Lou 等^[39]根据是否有糖尿病史或基线血糖是否 >200 mg/dL、NIHSS 评分严重程度及颅脑 CT 低密度灶累及大脑中动脉的区域制定溶栓出血转化(hemorrhage after thrombolysis, HAT)评分评估出血风险:HAT <3 分,出血转化风险小。Shimoyama 等^[40]根据是否有高血糖(血糖 >8 mmol/L)、大脑前动脉供血区域是否受累、DWI-ASPECTS 是否 ≤ 3 分及 MRI-T2 序列 M1 段是否存在“低密度征”制定 DASH 量表评估 AIS 恶性大脑中动脉梗死(malignant middle cerebral artery infarction, mMCAI)进展风险,每项赋值 1 分,共计 4 分,此量表预测 mMCAI 发病风险分别为:0 分, 9.1%; 1 分, 20.5%; 2 分, 63.0%; 3 分或 4 分, 96.8%。

4 展望

综上所述,目前对 AIS 血管内治疗患者术前评估手段很多,各有优劣。研究者们一直在寻找最佳组合策略模式,以便更快、更准确筛选出血管内治疗真正获益的 AIS 患者。G-FAST 评分识别前循环大血管病变的敏感性及特异性均较高,简化了临床筛选策略;颅脑 CT 尽管早期典型征象时有不明显,但能排除出血,成像速度快,一直是 AIS 患者首选影像学检查。以临床表现为主的 G-FAST 评分+颅脑 CT 组合模式,能否成为前循环 AIS “时间窗”内行血管内治疗最佳筛选手段,有待更多临床研究去证实、发展和完善,而以影像学筛选为主的 DAWN 与 DEFUSE3 试验已证实前循环 AIS “超时间窗”患者行血管内治疗仍可获益;也为探索后循环术前评估模式提供了研究方向。

参考文献

- [1] Broderick JP, Palesch YY, Demchuk AM, et al. Endovascular therapy after intravenous t-PA versus t-PA alone for stroke[J]. N Engl J Med, 2013, 368: 893-903.
- [2] Kidwell CS, Jahan R, Gornbein J, et al. A trial of imaging selection and endovascular treatment for ischemic stroke[J]. N Engl J Med, 2013, 368: 914-923.
- [3] Ciccone A, Valvassori L, Nichelatti M, et al. Endovascular treatment for acute ischemic stroke[J]. N Engl J Med, 2013, 368: 904-913.
- [4] 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]. The Lancet, 2016, 387: 1723-1731.

- [5] Jovin TG, Saver JL, Ribo M, et al. Diffusion-weighted imaging or computerized tomography perfusion assessment with clinical mismatch in the triage of wake up and late presenting strokes undergoing neurointervention with Trevo (DAWN) trial methods[J]. *Int J Stroke*, 2017, 12: 641-652.
- [6] Albers GW, Marks MP, Kemp S, et al. Thrombectomy for Stroke at 6 to 16 Hours with Selection by Perfusion Imaging[J]. *N Engl J Med*, 2018, 378: 708-718.
- [7] 王莉莉, 张拥波. 急性缺血性脑卒中血管内治疗进展[J]. *神经损伤与功能重建*, 2017, 12: 139-141.
- [8] Liebeskind DS. Collateral circulation[J]. *Stroke*, 2003, 34: 2279-2284.
- [9] Bang OY, Saver JL, Kim SJ, et al. Collateral flow predicts response to endovascular therapy for acute ischemic stroke[J]. *Stroke*, 2011, 42: 693-699.
- [10] Lima FO, Furie KL, Silva GS, et al. The pattern of leptomeningeal collaterals on CT angiography is a strong predictor of long-term functional outcome in stroke patients with large vessel intracranial occlusion[J]. *Stroke*, 2010, 41: 2316-2322.
- [11] Bang OY, Saver JL, Buck BH, et al. Impact of collateral flow on tissue fate in acute ischaemic stroke[J]. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*, 2008, 79: 625-629.
- [12] Bang OY, Saver JL, Kim SJ, et al. Collateral flow averts hemorrhagic transformation after endovascular therapy for acute ischemic stroke[J]. *Stroke*, 2011, 42: 2235-2239.
- [13] Christoforidis GA, Karakasis C, Mohammad Y, et al. Predictors of hemorrhage following intra-arterial thrombolysis for acute ischemic stroke: the role of pial collateral formation[J]. *AJNR Am J Neuroradiol*, 2009, 30: 165-170.
- [14] Chang P, Prabhakaran S. Recent advances in the management of acute ischemic stroke[J]. *F1000Res*, 2017, 6.
- [15] Scheitz JF, Abdul-Rahim AH, MacIsaac RL, et al. Clinical Selection Strategies to Identify Ischemic Stroke Patients With Large Anterior Vessel Occlusion: Results From SITS-ISTR (Safe Implementation of Thrombolysis in Stroke International Stroke Thrombolysis Registry) [J]. *Stroke*, 2017, 48: 290-297.
- [16] Powers WJ, Rabinstein AA, Ackerson T, et al. 2018 Guidelines for the Early Management of Patients With Acute Ischemic Stroke: A Guideline for Healthcare Professionals From the American Heart Association/American Stroke Association[J]. *Stroke*, 2018, 49: e46-e110.
- [17] Heldner MR, Zubler C, Mattle HP, et al. National Institutes of Health stroke scale score and vessel occlusion in 2152 patients with acute ischemic stroke[J]. *Stroke*, 2013, 44: 1153-1157.
- [18] Cooray C, Fekete K, Mikulik R, et al. Threshold for NIH stroke scale in predicting vessel occlusion and functional outcome after stroke thrombolysis[J]. *Int J stroke*, 2015, 10: 822-829.
- [19] Shuaib A, Butcher K, Mohammad AA, et al. Collateral blood vessels in acute ischaemic stroke: a potential therapeutic target[J]. *The Lancet Neurology*, 2011, 10: 909-921.
- [20] Bang OY, Goyal M, Liebeskind DS. Collateral Circulation in Ischemic Stroke: Assessment Tools and Therapeutic Strategies[J]. *Stroke*, 2015, 46: 3302-3309.
- [21] Rebello LC, Bouslama M, Haussen DC, et al. Endovascular Treatment for Patients With Acute Stroke Who Have a Large Ischemic Core and Large Mismatch Imaging Profile[J]. *JAMA Neurol*, 2017, 74: 34-40.
- [22] 刘新峰. 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: 356-361.
- [23] Schroder J, Thomalla G. A Critical Review of Alberta Stroke Program Early CT Score for Evaluation of Acute Stroke Imaging[J]. *Front Neurol*, 2016, 7: 245.
- [24] Barber PA, Demchuk AM, Zhang J, et al. Validity and reliability of a quantitative computed tomography score in predicting outcome of hyperacute stroke before thrombolytic therapy[J]. *The Lancet*, 2000, 355: 1670-1674.
- [25] Yoo AJ, Berkhemer OA, Fransen PSS, et al. Effect of baseline Alberta Stroke Program Early CT Score on safety and efficacy of intra-arterial treatment: a subgroup analysis of a randomised phase 3 trial (MR CLEAN) [J]. *The Lancet Neurology*, 2016, 15: 685-694.
- [26] Kimura K, Iguchi Y, Shibasaki K, et al. Large ischemic lesions on diffusion-weighted imaging done before intravenous tissue plasminogen activator thrombolysis predicts a poor outcome in patients with acute stroke [J]. *Stroke*, 2008, 39: 2388-2391.
- [27] Desilles JP, Consoli A, Redjem H, et al. Successful Reperfusion With Mechanical Thrombectomy Is Associated With Reduced Disability and Mortality in Patients With Pretreatment Diffusion-Weighted Imaging-Alberta Stroke Program Early Computed Tomography Score ≤ 6 [J]. *Stroke*, 2017, 48: 963-969.
- [28] Thomalla G, Cheng B, Ebinger M, et al. DWI-FLAIR mismatch for the identification of patients with acute ischaemic stroke within 4·5 h of symptom onset (PRE-FLAIR): a multicentre observational study[J]. *The Lancet Neurology*, 2011, 10: 978-986.
- [29] Bivard A, Levi C, Lin L, et al. Validating a Predictive Model of Acute Advanced Imaging Biomarkers in Ischemic Stroke[J]. *Stroke*, 2017, 48: 645-650.
- [30] Kim EY, Shin DH, Noh Y, et al. Comparison of Imaging Selection Criteria for Intra-Arterial Thrombectomy in Acute Ischemic Stroke with Advanced CT[J]. *Eur Radiol*, 2016, 26: 2974-2981.
- [31] Albers GW, Goyal M, Jahan R, et al. Ischemic core and hypoperfusion volumes predict infarct size in SWIFT PRIME[J]. *Ann Neurol*, 2016, 79: 76-89.
- [32] Michael H. Lev, Jeffrey Farkas, Victor R. Rodriguez, et al. CT angiography in the rapid triage of patients with hyperacute stroke to intraarterial thrombolysis: accuracy in the detection of large vessel thrombus[J]. *Computer Assisted Tomography*, 2001, 25: 520-528.
- [33] Volker Puetz, Imanuel Dzialowski, Michael D. Hill, et al. Intracranial thrombus extent predicts clinical outcome, final infarct size and hemorrhagic transformation in ischemic stroke: the clot burden score[J]. *International Journal of Stroke*, 2008, 3: 230-236.
- [34] Bijoy K. Menon, Christopher D. d'Esterre, Emmad M. Qazi, et al. Multiphase CT Angiography: A New Tool for the Imaging Triage of Patients with Acute Ischemic Stroke[J]. *Radiology*, 2015, radiology.rsna.org.
- [35] Parthasarathy R, Kate M, Rempel JL, et al. Prognostic evaluation based on cortical vein score difference in stroke[J]. *Stroke*, 2013, 44: 2748-2754.
- [36] van den Wijngaard IR, Wermer MJ, Boiten J, et al. Cortical Venous Filling on Dynamic Computed Tomographic Angiography: A Novel Predictor of Clinical Outcome in Patients With Acute Middle Cerebral Artery Stroke[J]. *Stroke*, 2016, 47: 762-767.
- [37] Zhang S, Lai Y, Ding X, Parsons M, Zhang JH, Lou M. Absent Filling of Ipsilateral Superficial Middle Cerebral Vein Is Associated With Poor Outcome After Reperfusion Therapy[J]. *Stroke*, 2017, 48: 907-914.
- [38] Wheeler HM, Mlynash M, Inoue M, et al. Early diffusion-weighted imaging and perfusion-weighted imaging lesion volumes forecast final infarct size in DEFUSE 2[J]. *Stroke*, 2013, 44: 681-685.
- [39] M. Lou, A. Safdar, Mehdiratta, et al. The HAT Score: A simple grading scale for predicting hemorrhage after thrombolysis[J]. *Neurology*, 2008, 71: 1417-1423.
- [40] Shimoyama T, Kimura K, Uemura J, et al. The DASH score: a simple score to assess risk for development of malignant middle cerebral artery infarction[J]. *J Neurol Sci*, 2014, 338: 102-106.

(本文编辑:王晶)