

论 著

头颅CT灌注指标评估AIS-LVO机械取栓术患者脑血流动力学及预后的临床研究*

贾 敏^{1,*} 张福州¹ 李 蓉²
郑思思¹

1.首都医科大学附属北京安贞医院南充
医院医学影像科 (四川 南充 637000)
2.成都市第四人民医院超声特检科
(四川 成都 610000)

【摘要】目的 探讨头颅CT灌注指标评估急性大血管闭塞性缺血性脑卒中(AIS-LVO)机械取栓术患者的脑血流动力学特征,并分析其对预后的评估价值。**方法** 选取2020年4月至2023年3月82例行机械取栓术的AIS-LVO患者为研究对象。分析术前头颅CT灌注影像学表现,比较直接与非直接供血区的相对脑血流量(rCBF)、相对脑血容量(rCBV)、相对达峰时间(rTTP)、相对平均通过时间(rMTT)。比较术前及术后6个月神经功能缺损评分(NIHSS)、Barthel指数,并分析术前CT灌注指标与术前NIHSS评分、Barthel指数的相关性。采用改良Rankin量表(MRS)评估预后,并比较预后良好与预后不良患者的术前CT灌注指标。采用ROC曲线分析术前CT灌注指标对预后的评估价值。**结果** 术前头颅CT灌注表现为梗死区异常灌注,直接供血区的rCBF、rCBV均低于非直接供血区,rTTP、rMTT均高于非直接供血区($P<0.05$)。术后6个月的NIHSS评分低于术前,术后6个月的Barthel指数高于术前($P<0.05$)。术前rCBF、rCBV与术前NIHSS评分呈负相关($r=-0.517$, $r=-0.439$),与术前Barthel指数呈正相关($r=0.406$, $r=0.355$)。术前rTTP、rMTT与术前NIHSS评分呈正相关($r=0.398$, $r=0.602$),与术前Barthel指数呈负相关($r=-0.447$, $r=-0.518$)。术后6个月,预后良好55例,预后不良27例。预后良好患者术前rCBF、rCBV高于预后不良患者,术前rTTP、rMTT低于预后不良患者($P<0.05$)。rCBF、rCBV、rTTP、rMTT四项联合评估预后的灵敏度为89.09%,特异度为85.19%(AUC=0.940, 95%CI=0.892-0.987)。**结论** 头颅CT灌注指标能较好地评估AIS-LVO患者的脑血流动力学改变,对指导机械取栓术治疗以及远期预后评估也有一定参考价值。

【关键词】 急性大血管闭塞性缺血性脑卒中;
头颅CT灌注; 机械取栓术;
血流动力学; 预后

【中图分类号】 R44; R743

【文献标识码】 A

【基金项目】 成都市卫生健康委员会项目
(202303093691)

DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2024.10.010

Clinical Study on Evaluation of Cerebral Hemodynamics and Prognosis in Patients with AIS-LVO Undergoing Mechanical Thrombectomy Using Head CT Perfusion Parameters*

JIA Min^{1,*}, ZHANG Fu-zhou¹, LI Rong², ZHENG Si-si¹.

1.Department of Medical Imaging, Nanchong Hospital, Beijing Anzhen Hospital, Capital Medical University, Nanchong 637000, Sichuan Province, China

2.Department of Ultrasound Special Examination, The Fourth People's Hospital of Chengdu, Chengdu 610000, Sichuan Province, China

ABSTRACT

Objective To investigate the cerebral hemodynamic characteristics of patients with acute ischemic stroke due to large vessel occlusion (AIS-LVO) undergoing mechanical thrombectomy using head CT perfusion parameters, and analyze their prognostic value. **Methods** A total of 82 patients with AIS-LVO who underwent mechanical thrombectomy from April 2020 to March 2023 were selected as the study subjects. The preoperative head CT perfusion imaging manifestations were analyzed. Relative cerebral blood flow (rCBF), relative cerebral blood volume (rCBV), relative time to peak (rTTP) and relative mean transit time (rMTT) in the direct and indirect blood supply areas were compared. The neurological impairment (NIHSS) scores and Barthel index before surgery and at 6 months after surgery were compared. The correlation between preoperative CT perfusion parameters and preoperative NIHSS score and Barthel index was analyzed. The modified Rankin Scale (MRS) was used to evaluate the prognosis. Preoperative CT perfusion parameters of patients with good and poor prognosis were compared. The prognostic value of preoperative CT perfusion parameters was analyzed using the ROC curve. **Results** Preoperative head CT perfusion showed abnormal perfusion in the infarction area. rCBF and rCBV in the direct blood supply area were lower than those in the indirect blood supply area. rTTP and rMTT were longer than those in the indirect blood supply area ($P<0.05$). The NIHSS score at 6 months after surgery was lower than that before surgery, and Barthel index at 6 months after surgery was higher than that before surgery ($P<0.05$). Preoperative rCBF and rCBV were negatively correlated with preoperative NIHSS score ($r=-0.517$, $r=-0.439$), and positively correlated with preoperative Barthel index ($r=0.406$, $r=0.355$). Preoperative rTTP and rMTT were positively correlated with preoperative NIHSS score ($r=0.398$, $r=0.602$), and negatively correlated with preoperative Barthel index ($r=-0.447$, $r=-0.518$). Six months after surgery, there were 55 patients with good prognosis and 27 patients with poor prognosis. Patients with good prognosis had higher rCBF and rCBV, and shorter rTTP and rMTT compared with those with poor prognosis ($P<0.05$). The sensitivity and specificity of the combination of rCBF, rCBV, rTTP and rMTT for prognosis were 89.09% and 85.19% (AUC=0.940, 95% CI: 0.892-0.987). **Conclusion** Head CT perfusion parameters can effectively help to evaluate cerebral hemodynamic changes in patients with AIS-LVO, and provide certain reference for mechanical thrombectomy and long-term prognosis evaluation.

Keywords: Acute Ischemic Stroke due to Large Vessel Occlusion; Head CT Perfusion; Mechanical Thrombectomy; Hemodynamics; Prognosis

急性大血管闭塞性缺血性脑卒中(acute ischemic stroke due to large vessel occlusion, AIS-LVO)是指颈内动脉、大脑中动脉、椎-基底动脉等颅内大血管发生闭塞引起的脑梗死,具有较高的致残率^[1-2]。静脉溶栓是治疗脑梗死的有效方法^[3],但由于AIS-LVO发生颅内大血管闭塞,静脉溶栓后的血管再通率较低,疗效欠佳^[4]。随着血管介入治疗的不断发展,机械取栓被应用于治疗AIS-LVO,通过支架取栓和抽吸取栓的方法将血栓从闭塞的血管中取出,从而使闭塞血管的血流再通,改善脑组织血供,减轻神经功能缺损,降低致残率^[5-6]。头颅CT灌注是一种脑功能成像技术,对评价脑血流动力学特征具有较好的指导意义^[7-8]。头颅CT灌注可以准确地鉴别梗死核心和缺血半暗带,为脑梗死的介入治疗提供直观的影像依据^[9]。目前临床广泛应用头颅CT灌注评价脑血管疾病的血流动力学特征^[10-11],但用于AIS-LVO患者机械取栓术前评估的相关研究较少,对指导机械取栓术治疗以及远期预后评估的意义有待进一步分析。本研究探讨头颅CT灌注指标评估AIS-LVO机械取栓术患者的脑血流动力学特征,并分析头颅CT灌注指标对预后的评估价值,报道如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选取2020年4月至2023年3月收治的82例行机械取栓术的AIS-LVO患者。

纳入标准:符合AIS-LVO诊断标准^[12];满足机械取栓术的适应证;接受头颅CT灌注检查;年龄18~80岁。**排除标准:**近3周内脑出血病史,或合并脑动脉瘤;含碘造影剂过敏;凝血功能障碍;颅内肿瘤;活动性出血;心、肝、肾功能不全。男48例,女34例;年龄37~79岁,平均年龄(59.12±6.74)岁。

1.2 方法

1.2.1 头颅CT灌注及图像后处理 所有AIS-LVO患者在机械取栓术前进行头颅CT灌注检

【第一作者】贾 敏,女,主治医师,主要研究方向:影像相关专业。E-mail: YH21577@163.com

【通讯作者】贾 敏

查。仪器设备为德国西门子Definition Flash 128层螺旋CT机。患者仰卧于检查床上，先进行头颅CT平扫，观察病灶情况。然后经肘正中静脉注射碘海醇注射液(通用电气药业上海有限公司，国药准字H20000599，碘浓度为350 mgI/mL)40 mL，速度5mL/s，然后注射40mL生理盐水冲洗血管。延迟6 s后动态灌注扫描，螺旋扫描，螺距为1.2mm，层厚5mm，连续扫描共45 s。检查结束后嘱咐患者多饮水，促进含碘造影剂尽快经肾脏排泄。使用Siemens Perfusion CT灌注软件(德国西门子公司配套软件)进行图像后处理。分析彩色灌注图像，根据伪彩图异常灌注区的颜色变化划定感兴趣区。以对侧为参考，计算病灶侧与对侧的相对CT灌注参数，包括相对脑血流量(relative cerebral blood flow, rCBF)、相对脑血容量(relative cerebral blood volume, rCBV)、相对达峰时间(relative time to peak, rTTP)、相对平均通过时间(relative mean transit time, rMTT)。

1.2.2 机械取栓术 采取颅内支撑导管辅助Solitaire FR支架取栓+抽吸技术。手术材料包括8F动脉鞘、8F导引导管、Rebar 18微导管、0.014 inch微导丝、React 71颅内血栓抽吸导管、Solitaire FR颅内取栓支架。在局麻下行股动脉穿刺，插入8F动脉鞘和导引导管。在数字减影血管造影下观察闭塞血管部位，微导管定位，准备尺寸合适的Solitaire FR颅内取栓支架。通过微导管将Solitaire FR颅内取栓支架经微导丝送到闭塞颅内大血管处，支架定位，持续推进Solitaire FR颅内取栓支架至其远端放射显影标记超过血栓，与微导管重合，确保血栓位于支架有效长度的中后段。然后释放支架，此过程中用50mL注射器保持负压抽吸回撤支架取栓。术后常规应用肝素钠抗凝、阿司匹林抗血小板治疗。

1.3 术后随访 机械取栓术前以及术后6个月，分别评估AIS-LVO患者的神经功能缺损评分(national institutes of health stroke scale, NIHSS)^[13]、Barthel指数^[14]。术后6个月采用改良Rankin量表(modified rankin scale, MRS)^[15]评估预后。MRS评分标准：0级：完全无症状；1级：有症状但无功能障碍，不影响日常活动；2级：轻度残疾，能无帮助下完成基本日常活动；3级：中度残疾，需要他人帮助下完成日常活动；4级：重度残疾，不能独立行走；5级表示严重残疾，卧床；6级：死亡。MRS评分0~2分为预后良好，≥3分为预后不良。

1.4 统计学方法 使用SPSS 22.0统计分析软件。符合正态分布的

计量资料以($\bar{x} \pm s$)表示，采用独立样本t检验、配对t检验。计量资料之间的相关性分析采用Pearson相关性分析。绘制受试者特征(receiver operating characteristic, ROC)曲线，计算ROC曲线下面积(area under curve, AUC)。以P<0.05表示差异有统计学意义。

2 结果

2.1 AIS-LVO患者机械取栓术前头颅CT灌注影像学表现 AIS-LVO患者机械取栓术前行头颅CT灌注检查，表现为梗死区异常灌注，CBF、CBV较对侧降低，MTT、TTP、TTSD、Tmax较对侧延长。典型病例见图1。

2.2 AIS-LVO患者机械取栓术前直接与非直接供血区头颅CT灌注指标比较 AIS-LVO患者机械取栓术前头颅CT灌注显示，直接供血区的rCBF、rCBV均低于非直接供血区，rTTP、rMTT均高于非直接供血区(P<0.05)，见表1。

2.3 AIS-LVO患者机械取栓术前及术后6个月NIHSS评分、Barthel指数比较 AIS-LVO患者机械取栓术后6个月的NIHSS评分低于术前，术后6个月的Barthel指数高于术前(P<0.05)，见表2。

2.4 AIS-LVO患者机械取栓术前CT灌注指标与术前NIHSS评分、Barthel指数的相关性分析 术前rCBF、rCBV与术前NIHSS评分呈负相关(r=-0.517, r=-0.439)，与术前Barthel指数呈正相关(r=0.406, r=0.355)。术前rTTP、rMTT与术前NIHSS评分呈正相关(r=0.398, r=0.602)，与术前Barthel指数呈负相关(r=-0.447, r=-0.518)，见表3。

2.5 预后良好与预后不良的AIS-LVO患者机械取栓术前CT灌注指标比较 术后6个月采用MRS评分评估预后，其中预后良好55例(0级5例，1级14例，2级36例)，预后不良27例(3级18例，4级9例)。预后良好患者术前rCBF、rCBV高于预后不良患者，术前rTTP、rMTT低于预后不良患者(P<0.05)，见表4。

2.6 AIS-LVO患者机械取栓术前CT灌注指标对预后的评估价值 AIS-LVO患者机械取栓术前CT灌注指标rCBF、rCBV、rTTP、rMTT评估预后的灵敏度分别为80.00%、74.55%、81.82%、81.82%，特异度分别为85.19%、77.78%、81.48%、88.89%。四项联合评估预后的灵敏度为89.09%，特异度为85.19%(AUC=0.940, 95%CI=0.892-0.987)，见表5。术前CT灌注指标评估预后的ROC曲线见图2。

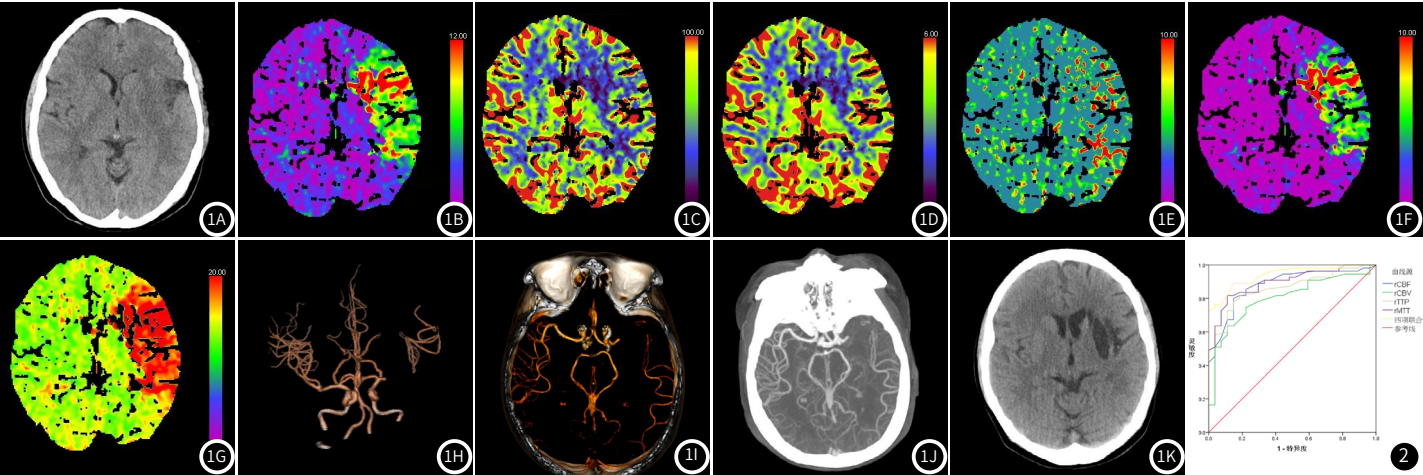


图1A-图1K 患者女，53岁，突发右侧肢体无力，经CT、MRI诊断为AIS-LVO。(1A)CT显示左侧额叶、基底节区片状密度减低影；(1B)CT灌注显示左侧额叶大片异常灌注区，Tmax较对侧延长；(1C)CT灌注显示CBF较对侧降低；(1D)CT灌注显示CBV较对侧降低；(1E)CT灌注显示MTT较对侧延长；(1F)CT灌注显示TTSD较对侧延长；(1G)CT灌注显示TTP较对侧延长；(1H)CT血管容积重建显示左侧大脑中动脉M1段闭塞，远端分支减少；(1I)CT容积重建显示左侧大脑中动脉M1段闭塞；(1J)CT图像后处理技术显示左侧大脑中动脉M1段闭塞；(1K)6个月后复查CT平扫，显示左侧基底节区、岛叶软化灶形成。

图2 术前CT灌注指标评估预后的ROC曲线。

表1 AIS-LVO患者机械取栓术前直接与非直接供血区头颅CT灌注指标比较

组别	rCBF	rCBV	rTTP	rMTT
直接供血区	0.41±0.09	0.65±0.12	1.36±0.18	2.40±0.25
非直接供血区	0.92±0.03	0.98±0.01	1.03±0.02	1.06±0.05
t	48.681	24.816	16.500	47.594
P	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

表2 AIS-LVO患者机械取栓术前及术后6个月NIHSS评分、Barthel指数比较(分)

时间	NIHSS评分	Barthel指数
术前	13.46±3.35	36.73±10.05
术后6个月	8.27±2.04	68.29±17.14
t	17.439	21.022
P	<0.001	<0.001

表3 相关性分析结果

指标	NIHSS评分		Barthel指数	
	r	P	r	P
rCBF	-0.517	<0.001	0.406	<0.001
rCBV	-0.439	<0.001	0.355	<0.001
rTTP	0.398	<0.001	-0.447	<0.001
rMTT	0.602	<0.001	-0.518	<0.001

表5 ROC曲线分析结果

指标	截断值	AUC	95%CI	灵敏度(%)	特异度(%)	约登指数
rCBF	0.375	0.880	0.803-0.956	80.00	85.19	0.652
rCBV	0.615	0.802	0.704-0.899	74.55	77.78	0.523
rTTP	1.335	0.862	0.784-0.940	81.82	81.48	0.633
rMTT	2.560	0.896	0.829-0.963	81.82	88.89	0.707
四项联合	-	0.940	0.892-0.987	89.09	85.19	0.743

3 讨 论

机械取栓术包括支架取栓和抽吸取栓，是治疗AIS-LVO的重要方法，能够有效恢复闭塞颅内大血管的血流，改善神经功能^[16]。AIS-LVO患者致死率较高，机械取栓术前的脑血流灌注情况与患者预后关系密切，如何准确评估机械取栓术前的脑血流灌注特征对判断患者治疗效果及预后有着一定的指导意义。头颅CT灌注成像是一种功能成像，通过对感兴趣区进行连续多次重复的低剂量CT快速动态扫描，获得CT灌注参数rCBF、rCBV、rTTP和rMTT，评估血流动力学变化，从而评价脑组织的灌注状态^[17]。

本研究在AIS-LVO患者治疗前实施头颅CT灌注检查，分析其血流灌注特征，结果显示，AIS-LVO患者表现为梗死区异常灌注，rCBF和rCBV降低，rMTT和rTTP延长。CBF即脑组织灌注量，CBV为单位体积脑组织内血管内的血液容积总量，rCBF和rCBV降低说明AIS-LVO患者脑灌注差。TTP为开始出现增强至增强达到峰值的时间，MTT为造影剂从颅内动脉侧到静脉侧所有通过时间的平均值，rTTP和rMTT延长说明AIS-LVO患者微循环不畅，故造影剂通过颅内大血管所用的时间越长^[18]。考虑到CT灌注的绝对测量值可能受到机体生理学影响，本研究分析的数据均采用相对灌注参数rCBF、rCBV、rTTP、rMTT，消除了生理学变化带来的差异，增加了结果的可靠性。

本研究采用NIHSS评分、Barthel指数评价AIS-LVO患者机械取栓术前以及术后6个月的神经功能缺损情况和日常生活活动能力，结果显示，与术前相比，术后6个月的NIHSS评分降低，说明AIS-LVO患者在机械取栓术治疗后神经功能缺损有所改善；术后6个月的Barthel指数升高，说明AIS-LVO患者在机械取栓术治疗后日常生活活动能力有所提高。进一步分析术前CT灌注参数与术前NIHSS评分、Barthel指数的关联，结果发现术前rCBF、rCBV与术前NIHSS评分呈负相关，与术前Barthel指数呈正相关；术前rTTP、rMTT与术前NIHSS评分呈正相关，与术前Barthel指数呈负相关，这与Cao等^[19]研究报道相似。上述说明脑血流量越差以及脑血流灌注不足的患者神经功能缺损越严重，日常生活活动能力也越差。

在AIS-LVO患者在机械取栓术治疗后6个月，本研究采用MRS评分评估预后，结果显示预后良好55例，预后不良27例。对比不同预后情况患者的头颅CT灌注指标，本研究发现预后良好患者术前rCBF、rCBV高于预后不良患者，术前rTTP、rMTT低于预后不良患者，说明术前rCBF、rCBV高水平以及rTTP、rMTT低水平的患者在机械取栓术治疗后能够获得更好的预后。进一步评价头颅CT灌注指标对AIS-LVO患者机械取栓术治疗预后的评估价值，结果显示，rCBF、rCBV、rTTP、rMTT评估预后的灵敏度分别为80.00%、74.55%、81.82%、81.82%，特异度分别为85.19%、77.78%、81.48%、88.89%，四项联合评估预后的灵敏度为89.09%，特异度为85.19%，联合评估预后的灵敏度和特异度明

表4 预后良好与预后不良的AIS-LVO患者机械取栓术前CT灌注指标比较

组别	例数	rCBF	rCBV	rTTP	rMTT
预后良好	55	0.46±0.10	0.70±0.13	1.28±0.17	2.24±0.23
预后不良	27	0.30±0.07	0.54±0.11	1.52±0.20	2.73±0.28
t		7.455	5.497	5.665	8.430
P		<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

显提高，对评估AIS-LVO患者机械取栓术治疗预后具有较高的价值，头颅CT灌注可以作为评价AIS-LVO患者血流动力学改变以及机械取栓术治疗预后随访的辅助工具^[20]。

综上所述，头颅CT灌注指标能较好地评估AIS-LVO患者的脑血流动力学改变，对指导机械取栓术治疗以及远期预后评估也有一定参考价值。

参考文献

[1]Ospel JM,Holodinsky JK,Goyal M.Management of acute ischemic stroke due to large-vessel occlusion: JACC focus seminar[J].J Am Coll Cardiol,2020,75(15):1832-1843.

[2]Mendelson SJ,Prabhakaran S.Diagnosis and management of transient ischemic attack and acute ischemic stroke:a review[J].JAMA,2021,325(11):1088-1098.

[3]田轶,唐思治,罗霄鹏.脑心通胶囊对急性脑梗死患者凝血功能和氧化应激指标的影响[J].药物生物技术,2021,28(2):173-176.

[4]Ghaith HS,Elfil M,Gabra MD,et al.Intravenous thrombolysis before mechanical thrombectomy for acute ischemic stroke due to large vessel-occlusion; should we cross that bridge? A systematic review and meta-analysis of 36,123 patients[J].Neurol Sci,2022,43(11):6243-6269.

[5]陈英,廖利萍,张清涛,等.急性大血管闭塞性缺血性脑卒中的外科治疗[J].中国临床神经外科杂志,2022,27(6):479-481.

[6]Renú A,Millán M,San L,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.

[7]Chung CY,Hu R,Peterson RB,et al.Automated processing of head CT perfusion imaging for ischemic stroke triage:a practical guide to quality assurance and interpretation[J].AJR Am J Roentgenol,2021,217(6):1401-1416.

[8]Lobo R,Turk S,Bapuraj JR,et al.Advanced CT and MR imaging of the posttreatment head and neck[J].Neuroimaging Clin N Am,2022,32(1):133-144.

[9]Mo X,Cui Y,Yuan J,et al.Study on a new "One-stop-shop" scan protocol combining brain CT perfusion and head-and-neck CT angiography by using 256-detector CT for stroke patients[J].Eur J Radiol,2022,9(154):1104-1126.

[10]刘德国,袁雪霞,陈月芹,等.CT灌注成像评价脑-硬脑膜-动脉血管融通术治疗烟雾病的疗效分析[J].中华神经医学杂志,2020,19(5):493-498.

[11]杜彦挺,杜光勇,贾喆,等.CT灌注成像评估颅脑损伤的程度及其对ICP探头置入术后脑血流动力学的预测价值[J].医学临床研究,2023,40(1):24-27.

[12]Keigher KM.Large vessel occlusion in the acute stroke patient:identification,treatment,and management[J].Crit Care Nurs Clin North Am,2020,32(1):21-36.

[13]Kazi SA,Siddiqui M,Majid S.Stroke outcome prediction using admission NIHSS in anterior and posterior circulation stroke[J].J Ayub Med Coll Abbottabad,2021,33(2):274-278.

[14]Liu F,Tsang RC,Zhou J,et al.Relationship of barthel index and its short form with the modified rankin scale in acute stroke patients[J].J Stroke Cerebrovasc Dis,2020,29(9):1050-1053.

[15]Haggag H,Hodgson C.Clinimetrics:modified rankin scale (mRS) [J].J Physiother,2022,68(4):281.

[16]Yang X,Wang Z,Chen H,et al.Mechanical thrombectomy with intra-arterial alteplase provided better functional outcomes for AIS-LVO:a meta-analysis[J].Front Neurosci,2023,6(17):1137-1143.

[17]Shinohara Y.Editorial comment:Cerebral hemodynamics in symptomatic anterior circulation intracranial stenosis measured by angiography-based quantitative flow ratio:association with CT perfusion[J].Eur Radiol,2023,33(8):5685-5686.

[18]Suo S,Zhao Z,Zhao H,et al.Cerebral hemodynamics in symptomatic anterior circulation intracranial stenosis measured by angiography-based quantitative flow ratio:association with CT perfusion[J].Eur Radiol,2023,33(8):5687-5697.

[19]Cao W,Ling Y,Yang L,et al.Association of admission NIHSS score with infarct core volume and target mismatch of infarct core/penumbra volume on CT perfusion in acute ischaemic stroke[J].Cerebrovasc Dis,2021,50(6):700-706.

[20]曾庆,曾宪强,李义,等.颅内外动脉狭窄患者术前脑CT灌注成像特点及其对支架成形术后发生CHS的预测价值[J].中国CT和MRI杂志,2022,20(5):46-48.

(收稿日期:2023-11-30) (校对编辑:江丽华)