·论著·

CT灌注成像结合Rapid软件评估急性前循环大血管闭塞卒中血管内治疗预后的价值

李青青[1],赵彦新[2],赵芳卓[2],朱天瑞[2],刘爽[2]

作者单位
1. 潍坊医学院
山东 潍坊 261042
2. 济南市中心医院
神经内科
济南 250000

收稿日期
2023-01-09

通讯作者
刘爽
liushuangdoc@163.com

摘要 目的:探讨CT灌注成像(CT perfusion,CTP)结合Rapid自动分析软件参数对前循环大血管近端闭塞(anterior circulation large vessel occlusion,ac-LVO)急性缺血性卒中(acute ischemic stroke,AIS)血管内治疗(endovascular treatment,EVT)患者预后的评估和预测因素分析。**方法:**回顾性分析ac-LVO AIS并行EVT合并或不合并静脉溶栓治疗的患者,收集基线特征,及CTP成像后Rapid软件进行图像后处理得到的参数:包括脑血流量< 30%的体积($V_{CBF<30\%}$),脑血流达峰时间>4 s($V_{Tmax>4\,s}$)、脑血流达峰时间>6 s($V_{Tmax>6\,s}$)、脑血流达峰时间>8 s($V_{Tmax>8\,s}$)、脑血流达峰时间>10 s($V_{Tmax>10\,s}$)的低灌注区体积,低灌注强度比值(hypoperfusion intensity ratio,HIR)、错配体积(mismatch Volume,MMV)、错配率(mismatch ratio,MMR)、CBV指数,及Alberta卒中项目早期CT评分(Alberta stroke programme early CT score,ASPECTS)等,将患者术后90 d的随访情况按照改良Rankin量表(modified Rankin scale,mRS)评分进行分组,mRS 0~2分为预后良好组,mRS 3~6分为预后不良组。比较2组患者临床资料及CTP参数的差异。采用多因素*Logistic*回归分析来探讨与预后相关的独立预测因素,并采用受试者工作特征(ROC)曲线评价各预测因素对应的最佳阈值及其各自预测能力。**结果:**纳入患者158例,其中预后良好组62例,预后不良组96例。多因素*Logistic*回归分析显示,$V_{CBF<30\%}$(*OR*=1.014,95%*CI* 1.001~1.026,*P*=0.028)、HIR(*OR*=8.655,95%*CI* 1.800~41.620,*P*=0.007)、入院时收缩压(*OR*=1.039,95%*CI* 1.017~1.062,*P*=0.001)、入院时NIHSS(*OR*=1.125,95%*CI* 1.038~1.219,*P*=0.004)是ac-LVO卒中患者EVT后90 d预后的独立影响因素。ROC分析显示,HIR、$V_{CBF<30\%}$、入院时收缩压、入院时NIHSS评分的曲线下面积分别为0.738、0.704、0.658、0.600,预测不良预后的最佳截断值分别为:HIR≥0.355,$V_{CBF<30\%}$≥25.5 mL,入院时收缩压≥151.5 mmHg,入院时NIHSS评分≥17分。**结论:**HIR、$V_{CBF<30\%}$、入院时收缩压、入院时NIHSS评分为ac-LVO AIS患者EVT 90 d预后的独立影响因素(*P*<0.05)。HIR、$V_{CBF<30\%}$对于ac-LVO AIS患者EVT预后的预测能力优于NIHSS评分、入院时收缩压。

关键词 急性缺血性脑卒中;前循环;大血管闭塞;血管内治疗;计算机断层扫描灌注成像;预后
中图分类号 R741;R743.3 **文献标识码** A **DOI** 10.16780/j.cnki.sjssgncj.20230037
本文引用格式:李青青, 赵彦新, 赵芳卓, 朱天瑞, 刘爽. CT灌注成像结合Rapid软件评估急性前循环大血管闭塞卒中血管内治疗预后的价值[J]. 神经损伤与功能重建, 2023, 18(9): 508-513.

Value of CT Perfusion Imaging Combined with Rapid Software in Assessing the Prognosis of Endovascular Therapy of Large-vessel Occlusion in Acute Anterior Circulation

LI Qingqing[1], ZHAO Yanxin[2], ZHAO Fangzhuo[2], ZHU Tianrui[2], LIU Shuang[2]. 1. Weifang Medical College, Shandong 261042, China. 2. Department of Neurology, Jinan Central Hospital, Jinan 250000, China

Abstract Objective: To explore prognostic and predictive values of CT perfusion imaging (CTP) combined with Rapid automatic analysis software parameters in patients suffering from acute ischemic stroke (AIS) with anterior circulation proximal large vessel occlusion (ac-LVO) and undertaking endovascular therapy (EVT). **Methods:** A retrospective analysis of AIS patients with ac-LVO underwent EVT with or without intravenous thrombolytic therapy was performed. The data used for analysis were baseline characteristics and the CTP parameters post-processed by Rapid software, including the volume of cerebral blood flow<30% ($V_{CBF<30\%}$), volumes of hypoperfusion with blood flow time to max>4 s, 6 s, 8 s, 10 s($V_{Tmax>4\,s}$, $V_{Tmax>6\,s}$, $V_{Tmax>8\,s}$, $V_{Tmax>10\,s}$), hypoperfusion intensity ratio (HIR), mismatch volume (MMV), mismatch ratio (MMR), CBV index and Alberta stroke program early CT score (ASPECTS score). According to the modified Rankin scale (mRS), the data of 90-day follow-up was classified as good prognosis group with mRS of 0~2 and poor prognosis group with the mRS of 3~6. The differences in clinical data and CTP analysis parameters between the two groups were analyzed. Multivariate logistic regression was used to analyze the relevant independent predictors, the corresponding optimal thresholds of each predictor and their prediction capabilities by using the receiver operating characteristic (ROC) curve. **Results:** There were 158 patients enrolled, including 62 in the good prognosis group and 96 in the poor prognosis group. Multivariate Logistic regression analysis showed that $V_{CBF<30\%}$ (*OR*=1.014, 95%*CI* 1.000~1.028, *P*=0.028), HIR (*OR*=8.655, 95%*CI* 1.800~41.620, *P*=0.007), systolic blood pressure (SBP) at admission (*OR*=1.039, 95%*CI* 1.015~1.064, *P*=0.001) and NIHSS at admission (*OR*=1.125, 95% *CI* 1.038~1.219, *P*=0.004) were independent predictors of prognosis. The analysis of ROC showed that the

area under the ROC curve of HIR, $V_{CBF<30\%}$, systolic blood pressure at admission and NIHSS score at admission were 0.738, 0.704, 0.658 and 0.600, respectively, and that the best cut-off values for predicting adverse prognosis were HIR ≥0.355, $V_{CBF<30\%}$ ≥25.5 mL, SBP ≥ 151.5 mmHg on admission, and NIHSS's score≥17 on admission. **Conclusion:** HIR, VCBF<30%, SBP at admission and NIHSS score at admission were independent factors influencing patients with ac-LVO during the follow-up for 90 days. HIR, and $V_{CBF<30\%}$ showed advantages over NIHSS and SBP in predicting the prognosis for patients with ac-LVO.

Keywords acute ischemic stroke; anterior circulation; large vessel occlusion; endovascular therapy; computed tomography perfusion; prognosis

卒中现已成为威胁全球人民生命健康最主要的疾病之一，我国卒中患病人数位于世界首位，现卒中已成为我国人口死亡的首位原因，2019年我国缺血性卒中患者占卒中总人数的71.55%，并且我国卒中的发病率、死亡率在持续增长[1]。2015年，五项针对血管内治疗（endovascular treatment，EVT）的大型随机对照研究[2-6]为急性缺血性卒中（acute ischemic stroke，AIS）的治疗方式带来了变革，其中MR CLEAN[2]试验是第一个证明EVT对前循环大血管闭塞（anterior circulation large vessel occlusion，ac-LVO）型AIS患者的疗效优于仅药物治疗的随机临床试验。2018年，以灌注成像为主要评估手段的DAWN[7]研究和DEFUSE-3[8]试验证实，借助Rapid全自动分析软件对CT灌注成像（CT perfusion，CTP）进行量化分析，对符合条件的患者行EVT（包括动脉溶栓和机械取栓治疗），将EVT时间窗延长至6～24 h后，患者仍然可以从中获益。将传统意义上的“时间就是大脑”与新技术下“组织就是大脑”的理念相结合，其中最重要的就是对存在尚可挽救的脑组织即存在明显缺血半暗带的患者进行识别。已有临床研究[9]表明，将CTP数据发送至Rapid软件进行全自动分析是可行的，成像至得出分析结果的时间比使用磁共振弥散加权成像（MRI-DWI）更短，并且技术失败率低。

目前国内针对CTP结合Rapid软件对EVT患者预后评估的相关研究较少，因此分析软件由国外引入，购买安装包的价格昂贵，暂未在国内普及。本研究旨在探讨CTP成像结合Rapid软件分析后得到的灌注参数对行EVT的ac-LVO型AIS患者90 d预后的评估价值，以期为前期患者的筛选及预后评估提供指导。

1 资料与方法

1.1 一般资料

单中心回顾性病例对照分析，收集2021年1月至2022年10月于济南市中心医院行EVT的223例ac-LVO AIS患者的临床资料，经筛选后最终纳入158例，见图1。所有行EVT的患者在入院时均行头颅CT平扫排除脑出血、脑肿瘤等；均行头颅CTA检查颅内大血管狭窄或闭塞部位；均行头部CTP检查并利用Rapid软件对灌注图像结果进行量化分析，得到具体的灌注参数。纳入标准：术前CTA检查显示颈内动脉近端或大脑中动脉M1或M2段闭塞或狭窄；发病时间＜24 h；按照《急性缺血性卒中血管内治疗中国指南2018》[10]行EVT；影像学资料齐全，灌注图像质量符合研究要求。排除标准：未行CT灌注成像检查或CT灌注成像质量差或无图像；前循环双侧病变；合并后循环病变；3月后失访；既往脑梗死后遗症或脑部手术及脑肿瘤、脑出血病史。本研究为回顾性研究，无需签订患者知情同意书，随访结果主要通过患者出院90 d后再次入院复诊情况或电话随访得到。

1.2 方法

1.2.1 一般临床资料收集 收集患者的性别、年龄、入院时美国国立卫生研究院卒中量表（National Institutes of Health stroke scale，NIHSS）评分、入院时糖化血红蛋白、入院时收缩压及舒张压，高血压、冠心病、房颤、糖尿病、高脂血症等病史，吸烟史等脑血管病危险因素，EVT前是否给予静脉溶栓，以及颅内大动脉闭塞或狭窄部位。

1.2.2 CTP成像经Rapid软件自动分析结果收集 收集患者术前CT灌注成像经Rapid软件自动分析的具体参数：包括Alberta卒中项目早期CT评分（Alberta Stroke Program Early CT Score，ASPECTS）；各低灌注区体积，包括：脑血流达峰时间＞4 s（$V_{Tmax>4\,s}$）、脑血流达峰时间＞6 s（$V_{Tmax>6\,s}$）、脑血流达峰时间＞8 s（$V_{Tmax>8\,s}$）、脑血流达峰时间＞10 s（$V_{Tmax>10\,s}$）；脑血流量＜30%的体积（$V_{CBF<30\%}$）；低灌注强度比值（hypoperfusion intensity iratio，HIR）；CBV指数（Tmax＞6 s的相对脑血容量）；错配率（mismatch ratio，MMR=$V_{Tmax>6\,s}/V_{CBF<30\%}$）和脑血流灌注不匹配体积（mismatch volume，MMV= $V_{Tmax>6\,s}$ — $V_{CBF<30\%}$），将$V_{CBF<30\%}$定义为核心梗死体积[11]。

1.2.3 随访及3个月预后评估 通过术后90 d随访，

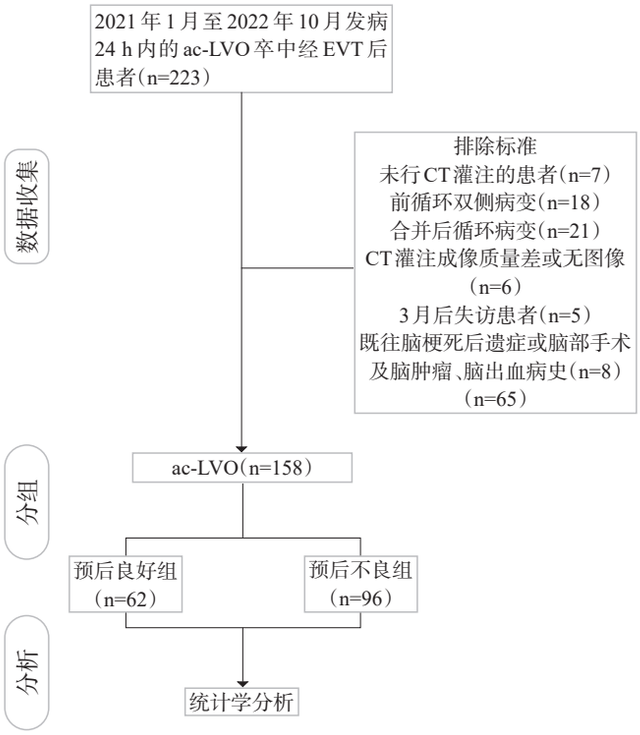

图1 患者筛选流程

将患者90 d的随访情况按改良Rankin量表（modified Rankin scale，mRS）评分进行分组，mRS 0～2分为预后良好组，mRS 3～6分为预后不良组。

1.3 统计学处理

采用*SPSS* 26.0软件进行数据分析。对计量资料进行*KS*-检验正态性检验（Kolmogorov-Smirnov test），符合正态分布的计量资料以（$\bar{x}\pm s$）表示，组间比较采用独立样本*t*检验；不符合正态分布的计量资料用M(P25，P75)表示，组间比较采用*Wilcoxon*秩和检验；计数资料以例（%）表示，组间比较采用χ^2检验或*Fisher*精确检验；检验多因素分析采用二分类*Logistic*回归分析；检验各指标的诊断能力用受试者工作特征（receiver operating characteristic，ROC）曲线分析。$P<0.05$为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 2组患者临床资料比较

共纳入患者158例，其中预后良好组（mRS≤2分）62例，预后不良组（mRS＞3分）96例。预后不良组的入院时收缩压、糖化血红蛋白、入院时NIHSS评分均大于预后良好组，差异均有统计学意义（$P<0.05$）；2组的高血压、糖尿病、冠心病、房颤、高脂血症等病史，年龄、性别、吸烟史、大动脉闭塞部位、EVT前是否合并静脉溶栓、入院时舒张压等各指标差异均无统计学意义（$P>0.05$），见表1。

2.2 2组Rapid软件分析参数的比较

与预后良好组相比，预后不良组的HIR、$V_{CBF<30\%}$、$V_{Tmax>6\,s}$、$V_{Tmax>8\,s}$、$V_{Tmax>10\,s}$均大于预后良好组，预后不良组的ASPECTS评分、MMR、CBV指数均小于预后良好组，差异均有统计学意义（$P<0.05$）；2组的$V_{Tmax>4\,S}$、MMV差异无统计学意义（$P>0.05$）。

2.3 EVT后患者的多因素*Logistic*回归分析

将表1和表2中单因素分析有统计学意义（$P<0.05$）的指标作为自变量，将患者3月时预后情况作为

表1 2组临床资料比较

组别	例数	性别/[例(%)]		年龄/[岁，($\bar{x}\pm s$)]	治疗方式/[例(%)]		梗死部位/[例(%)]		
		男	女		取栓	溶栓+取栓	M1	M2	颈内闭塞
预后良好组	62	28(45.2)	34(54.8)	64.84±12.89	36(58.1)	26(41.9)	33(53.2)	16(25.8)	13(21)
预后不良组	96	54(56.3)	42(43.8)	67.79±12.07	67(69.8)	29(30.2)	54(56.3)	19(19.8)	23(24)
$\chi^2/Z/t$值		1.855		1.462	2.283		0.826		
*P*值		0.173		0.146	0.131		0.662		

组别	高血压/[例(%)]		糖尿病/[例(%)]		高脂血症/[例(%)]		冠心病/[例(%)]	
	否	是	否	是	否	是	否	是
预后良好组	31(50)	31(50)	48(77.4)	14(22.6)	57(91.9)	5(8.1)	45(72.6)	17(27.4)
预后不良组	38(39.6)	58(60.4)	67(69.8)	29(30.2)	87(90.6)	9(9.4)	64(66.7)	32(33.3)
$\chi^2/Z/t$值	1.662		1.106		0.080		0.616	
*P*值	0.197		0.293		0.777		0.433	

组别	房颤/[例(%)]		吸烟/[例(%)]		入院时收缩压/[mmHg，($\bar{x}\pm s$)]	入院时舒张压/[mmHg，($\bar{x}\pm s$)]	糖化血红蛋白/[%，($\bar{x}\pm s$)]	入院时NIHSS/[分，M(P25，P75)]
	否	是	否	是				
预后良好组	45(72.6)	17(27.4)	38(61.3)	24(38.7)	141.71±18.98	86.98±11.21	6.61±1.49	14(10，16)
预后不良组	60(62.5)	36(37.5)	51(53.1)	45(46.9)	155.2±22.81	88.18±13.59	7.26±2.10	16(12，18)
$\chi^2/Z/t$值	1.717		1.021		3.869	0.576	2.289	2.050
*P*值	0.190		0.312		＜0.001	0.565	0.023	0.040

因变量纳入多因素*Logistic*回归分析，并采用向后逐步分析（MMR为$V_{Tmax>6\ s}$与$V_{CBF<30\%}$的比值，故不再纳入多因素分析）。多因素*Logistic*回归分析结果显示，HIR、$V_{CBF<30\%}$、入院时收缩压、入院时NIHSS评分差异均有统计学意义（$P<0.05$），是ac-LVO卒中患者EVT后90 d预后的独立影响因素，见表3。

2.4 独立预测因素的ROC曲线分析

ROC分析显示，HIR、VCBF＜30%、入院时收缩压、入院时NIHSS评分的曲线下面积（area under curve，AUC）分别为0.738、0.704、0.658、0.600，预测90 d不良预后的最佳截断值分别为：HIR ≥0.355，$V_{CBF<30\%}$≥25.5 mL，入院时收缩压≥151.5 mmHg，入院时NIHSS评分≥17分，见图2。其中，HIR、$V_{CBF<30\%}$对于ac-LVO卒中患者EVT预后的预测能力优于NIHSS评分、入院时收缩压，见表4。

3 讨论

本研究结果表明，HIR、$V_{CBF<30\%}$、入院时收缩压、入院时NIHSS评分为行EVT的ac-LVO卒中患者90 d预后的独立预测因素，其中HIR及$V_{CBF<30\%}$是相对于入院时收缩压和入院时NIHSS评分预测能力更好的指标。

本研究发现，HIR≥0.355为预测90 d不良预后的最佳截断值。2014年Olivot等[12]的研究将$V_{Tmax>10\ s}$与$V_{Tmax>6\ s}$的比值定义为HIR，结果发现，低HIR与AIS患者EVT后的良好功能结局相关，此结论在很多其他研究[4,13-15]中也得到应证。同时，有多项研究发现[12,16,17]，HIR与预后相关的原因可能是HIR可预测侧支循环状态，HIR越小，患者的侧支循环越好，则越可能延迟患者的脑梗死进展速度，为治疗争取更多的时间，以提高良好预后率。Guenego等[18]的研究结果表明，HIR≥0.5较HIR＜0.5的患者脑梗死体积增长速度更快，使得HIR在一定程度上可预测行EVT治疗的AIS患者的预后。

本研究发现，入院时$V_{CBF<30\%}$≥25.5 mL的患者90 d预后较$V_{CBF<30\%}$＜25.5 mL患者的预后更差。已有研究结果发现由CTP成像后经Rapid软件自动分析得到的灌注参数$V_{CBF<30\%}$，其代表患者的基线梗死体积[11]，对患者的预后有一定的预测作用。一篇荟萃分析[19]显示，

表2 预后良好组与预后不良组Rapid软件分析参数的比较

组别	例数	ASPECTS/[分, M (P25, P75)]	$V_{CBF<30\%}$/[mL, M(P25, P75)]	$V_{Tmax>4\ s}$/[mL, M(P25, P75)]	$V_{Tmax>6\ s}$/[mL, M(P25, P75)]
预后良好组	62	7(4, 8)	12.5(2.25, 28)	196(144, 305.75)	97.5(56.75, 151.25)
预后不良组	96	6(4, 7)	43.5(10.75, 86.75)	226(150.25, 330)	146.5(74.25, 188.25)
*Z*值		2.057	4.344	0.855	2.408
*P*值		0.040	＜0.001	0.393	0.016
组别	$V_{Tmax>10\ s}$/[mL, M(P25, P75)]	HIR/[M(P25, P75)]	CBV指数/[M(P25, P75)]	MMV/[mL, M(P25, P75)]	MMR/[M(P25, P75)]
预后良好组	26(0, 72.25)	0.26(0, 0.55)	0.8(0.7, 1.0)	100(55.5, 147.25)	6.92(2.95, 12.33)
预后不良组	80(40, 121)	0.59(0.42, 0.73)	0.7(0.5, 0.9)	103(46, 148)	3.23(2.01, 5.26)
*Z*值	4.436	5.062	−1.996	0.224	3.289
*P*值	＜0.001	＜0.001	0.049	0.822	0.001

表3 影响患者EVT后90 d预后的多因素*Logistic*回归分析

	B	*SE*	*walds*	*P*值	*OR*值	95% *CI*
$V_{CBF<30\%}$	0.014	0.006	4.805	0.028	1.014	1.001 ~ 1.026
HIR	2.158	0.801	7.254	0.007	8.655	1.800 ~ 41.620
入院时收缩压	0.039	0.011	11.759	0.001	1.039	1.017 ~ 1.062
入院时NIHSS	0.118	0.041	8.239	0.004	1.125	1.038 ~ 1.219

表4 独立预测因素的ROC曲线分析

	AUC	95% *CI*	*SE*	*P*值	分界值	敏感度	特异性	约登指数
$V_{CBF<30\%}$	0.704	0.624 ~ 0.784	0.041	＜0.001	25.5	0.667	0.726	0.393
HIR	0.738	0.656 ~ 0.821	0.042	＜0.001	0.355	0.813	0.629	0.442
收缩压	0.658	0.573 ~ 0.743	0.043	0.001	151.5	0.51	0.742	0.252
NIHSS	0.600	0.510 ~ 0.689	0.046	0.035	16.5	0.385	0.758	0.143

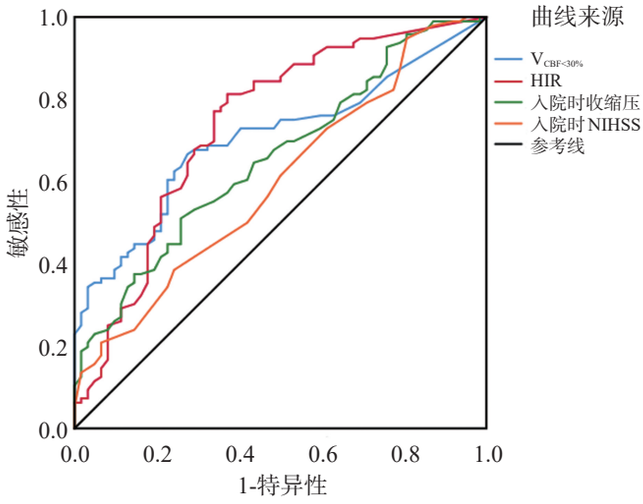

图2 独立预测因素的ROC曲线

$V_{CBF<30\%}$每增加10 mL，预后良好率就会降低20%～30%。并且有研究报道，基线$V_{CBF<30\%}$越大，则患者预后越差，当初始核心梗死体积超过一定体积时，可能导致术后症状性脑出血的几率增加，从而促进不良预后的发生[20,21]。目前针对$V_{CBF<30\%}$对EVT后LVO-AIS患者预后影响的研究较少，进一步探索$V_{CBF<30\%}$与预后的相关性对临床治疗有指导意义。

本研究结果表明，入院时收缩压也能在一定程度上评估患者的90 d预后情况，ROC分析得到的AUC为0.658，最佳截断值为151.5 mmHg，即患者入院时收缩压≥151.5 mmHg时，行EVT患者的90 d预后可能不佳。研究发现，在接受EVT的LVO-AIS患者中，较高的入院收缩压会导致最终梗死体积增加并且可能降低3月的良好预后率[22]。国外的一项回顾性研究报道，收缩压＞150 mmHg与90 d不良功能结局（*OR*=1.09，95%*CI* 1.04～1.15）相关[23]。近期首都医科大学宣武医院的一项单中心回顾性研究与本研究结果相似，其ROC分析结果示入院时收缩压的AUC为0.611（95%*CI* 0.552～0.669，*P*<0.05），最佳截断值为149.5 mmHg[24]。入院时收缩压与EVT预后相关的可能原因在于，AIS发作后24 h内较高的血压会增加AIS后快速脑水肿可能[25]，而早期脑水肿可能会增加残余血流通过血管的阻力，导致卒中的进展；另一方面，入院时收缩压的升高可能是由于闭塞动脉中血栓负荷较大所致，而较大的血栓负荷可能导致不良临床结果的发生[26]。

本研究结果中，入院时收缩压对预后的预测性能有限，可能由于：对于入院前已服用降压药物的患者，其入院时测得的血压可能已失去价值；未连续跟踪记录入院时的血压以及EVT前和EVT期间的血压，因此无法评估此期间血压波动对预后的影响；未评估血栓负荷大小和血压之间的相关性以及它们对预后的影响。目前并无研究结果表明入院时收缩压与行EVT患者的预后之间存在明确相关机制，仍然需要大量多中心前瞻性随机对照试验进行验证。

本研究表明，初始NIHSS评分≥17分时，患者预后不良的可能性更大。已有多项研究[21,27-30]得出相似结论，较高的入院NIHSS评分与不良预后相关。Cheng等[31]的研究认为较高NIHSS评分子项——意识评分相比于整个NIHSS评分及其他分项对预后的预测能力更好。作者认为此原因可能在于NIHSS意识评分越高，意识障碍越严重，关键大脑实质区域的缺血越严重，导致预后更差。根据2019年美国急性缺血性卒中早期管理指南，NIHSS被推荐用于评估卒中严重程度和行EVT的筛选标准[32]。

但是本研究中ROC分析得到NIHSS评分的AUC为0.600，对预后的预测能力一般，分析可能的原因有：本研究中纳入患者的NIHSS评分范围较大，有研究表明，当NIHSS＜10分时，患者从EVT中的获益较小[30]；NIHSS评分子项-意识评分相比于整个NIHSS评分对患者预后的预测能力更好[31]，本研究未进行单独研究；卒中门诊仅一名专科医师对患者进行接诊救治，在紧急情况下不能排除医师临床经验的不同对患者NIHSS评分存在主观性判断而导致评分结果有一定的偏差。

本研究的局限性如下：本研究为单中心回顾性研究，数据容易受到回顾性收集及抽样的偏差，并且结果不具有普遍的推广性，未来需要进行多中心的前瞻性随机对照试验进一步证明结论；本研究未对患者EVT后的不良事件进行分析，从而进一步分析患者预后的影响因素；本研究排除了图像不清楚和图像中质量不合格的患者，造成一定的选择偏倚；本研究纳入患者的基线核心梗死范围较大，可对不同梗死体积患者进一步进行亚组分析，排除或减少其他混杂因素的影响。

综上所述，LVO-AIS患者在EVT前进行CT灌注成像，并通过Rapid软件自动分析灌注图像得到的参数HIR和$V_{CBF<30\%}$是影响患者90 d预后的独立预测因素，同时发现患者入院时的基线收缩压、入院时NIHSS评分也对患者EVT的预后有重要影响。

参考文献

[1] 王陇德, 吉训明, 康德智, 等.《中国卒中中心报告2020》概要[J]. 中国脑血管病杂志, 2021, 18: 737-743. DOI:10.3969/j.issn.1672-5921.2021.11.001.

[2] Berkhemer OA, Fransen PSS, Beumer D, et al. A Randomized Trial of Intraarterial Treatment for Acute Ischemic Stroke[J]. N Engl J Med, 2015, 372: 11-20. DOI: 10.1056/NEJMoa1411587.

[3] Goyal M, Demchuk AM, Menon BK, et al. Randomized assessment of rapid endovascular treatment of ischemic stroke[J]. N Engl J Med, 2015, 372: 1019-1030. DOI: 10.1056/NEJMoa1414905.
[4] 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: 2285-2295. DOI: 10.1056/NEJMoa1415061.
[5] 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: 2296-2306. DOI: 10.1056/NEJMoa1503780.
[6] Campbell BC, Mitchell PJ, Kleinig TJ, et al. Endovascular therapy for ischemic stroke with perfusion-imaging selection[J]. N Engl J Med, 2015, 372: 1009-1018. DOI: 10.1056/NEJMoa1414792.
[7] Nogueira RG, Jadhav AP, Haussen DC, et al. Thrombectomy 6 to 24 Hours after Stroke with a Mismatch between Deficit and Infarct[J]. N Engl J Med, 2018, 378: 11-21. DOI: 10.1056/NEJMoa1706442.
[8] 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. DOI: 10.1056/NEJMoa1713973.
[9] Campbell BC, Yassi N, Ma H, et al. Imaging selection in ischemic stroke: feasibility of automated CT-perfusion analysis[J]. Int J Stroke, 2015, 10: 51-54. DOI: 10.1111/ijs.12381.
[10] 霍晓川, 高峰. 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: 706-729. DOI: 10.3969/j.issn.1673-5765.2018.07.014.
[11] Mokin M, Levy EI, Saver JL, et al. Predictive Value of RAPID Assessed Perfusion Thresholds on Final Infarct Volume in SWIFT PRIME (Solitaire With the Intention for Thrombectomy as Primary Endovascular Treatment)[J]. Stroke, 2017, 48: 932-938. DOI: 10.1161/STROKEAHA.116.015472.
[12] Olivot JM, Mlynash M, Inoue M, et al. Hypoperfusion intensity ratio predicts infarct progression and functional outcome in the DEFUSE 2 Cohort[J]. Stroke, 2014, 45: 1018-1023. DOI: 10.1161/STROKEAHA.113.003857.
[13] Guenego A, Marcellus DG, Martin BW, et al. Hypoperfusion Intensity Ratio Is Correlated With Patient Eligibility for Thrombectomy[J]. Stroke, 2019, 50: 917-922. DOI: 10.1161/STROKEAHA.118.024134.
[14] Arenillas JF, Cortijo E, Garcia-Bermejo P, et al. Relative cerebral blood volume is associated with collateral status and infarct growth in stroke patients in SWIFT PRIME[J]. J Cereb Blood Flow Metab, 2018, 38: 1839-1847. DOI: 10.1177/0271678X17740293.
[15] Wang CM, Chang YM, Sung PS, et al. Hypoperfusion Index Ratio as a Surrogate of Collateral Scoring on CT Angiogram in Large Vessel Stroke [J]. J Clin Med, 2021, 10: 1296. DOI: 10.3390/jcm10061296.
[16] Guenego A, Fahed R, Albers GW, et al. Hypoperfusion intensity ratio correlates with angiographic collaterals in acute ischaemic stroke with M1 occlusion[J]. Eur J Neurol, 2020, 27: 864-870. DOI: 10.1111/ene.14181.
[17] Lyndon D, Van Den Broek M, Niu B, et al. Hypoperfusion Intensity Ratio Correlates with CTA Collateral Status in Large-Vessel Occlusion Acute Ischemic Stroke[J]. AJNR Am J Neuroradiol, 2021, 42: 1380-1386. DOI: 10.3174/ajnr.A7181.
[18] Guenego A, Mlynash M, Christensen S, et al. Hypoperfusion ratio predicts infarct growth during transfer for thrombectomy[J]. Ann Neurol, 2018, 84: 616-620. DOI: 10.1002/ana.25320.
[19] Campbe BCV, Majoie CBLM, Albers GW, et al. Penumbral imaging and functional outcome in patients with anterior circulation ischaemic stroke treated with endovascular thrombectomy versus medical therapy: a meta-analysis of individual patient-level data[J]. Lancet Neurol, 2019, 18: 46-55. DOI: 10.1016/S1474-4422(18)30314-4.
[20] Laredo C, Solanes A, Renú A, et al. Clinical and therapeutic variables may influence the association between infarct core predicted by CT perfusion and clinical outcome in acute stroke[J]. Eur Radiol, 2022, 32: 4510-4520. DOI: 10.1007/s00330-022-08590-0.
[21] Kim BK, Kim B, You SH. Clinical Relevance of Computed Tomography Perfusion-Estimated Infarct Volume in Acute Ischemic Stroke Patients within the 6-h Therapeutic Time Window[J]. Cerebrovasc Dis, 2022, 51: 438-446. DOI: 10.1159/000519901..
[22] Goyal N, Tsivgoulis G, Iftikhar S, et al. Admission systolic blood pressure and outcomes in large vessel occlusion strokes treated with endovascular treatment[J]. J Neurointerv Surg, 2017, 9: 451-454. DOI: 10.1136/neurintsurg-2016-012386.
[23] Van Den Berg SA, Uniken Venema SM, Mulder M, et al. Admission Blood Pressure in Relation to Clinical Outcomes and Successful Reperfusion After Endovascular Stroke Treatment[J]. Stroke, 2020, 51: 3205-3214. DOI: 10.1161/STROKEAHA.120.029907.
[24] 武霄, 宋海庆, 孙蔚, 等. 入院血压对行血管内治疗的急性缺血性卒中患者神经功能预后的影响研究[J]. 中国脑血管病杂志, 2022, 19: 733-740. DOI: 10.3969/j.issn.1672-5921.2022.11.002.
[25] Vemmos KN, Tsivgoulis G, Spengos K, et al. Association between 24-h blood pressure monitoring variables and brain oedema in patients with hyperacute stroke[J]. J Hypertens, 2003, 21: 2167-2173. DOI: 10.1097/00004872-200311000-00027.
[26] Tsivgoulis G, Kotsis V, Giannopoulos S. Intravenous thrombolysis for acute ischaemic stroke: effective blood pressure control matters[J]. Int J Stroke, 2011, 6: 125-127. DOI: 10.1111/j.1747-4949.2010.00570.x.
[27] Van Horn N, Kniep H, Leischner H, et al. Predictors of poor clinical outcome despite complete reperfusion in acute ischemic stroke patients[J]. J Neurointerv Surg, 2021, 13: 14-18. DOI: 10.1136/neurintsurg-2020-015889.
[28] Nie X, Pu Y, Zhang Z, et al. Futile Recanalization after Endovascular Therapy in Acute Ischemic Stroke[J]. Biomed Res Int, 2018, 2018: 5879548. DOI: 10.1155/2018/5879548.
[29] Linfante I, Starosciak AK, Walker GR, et al. Predictors of poor outcome despite recanalization: a multiple regression analysis of the NASA registry[J]. J Neurointerv Surg, 2016, 8: 224-229. DOI: 10.1136/neurintsurg-2014-011525.
[30] 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]. Lancet, 2016, 387: 1723-1731. DOI: 10.1016/S0140-6736(16)00163-X.
[31] Cheng Z, Geng X, Rajah GB, et al. NIHSS Consciousness Score Combined with ASPECTS is a Favorable Predictor of Functional Outcome post Endovascular Recanalization in Stroke Patients[J]. Aging Dis, 2021, 12: 415-424. DOI: 10.14336/AD.2020.0709.
[32] Powers WJ, Rabinstein AA, Ackerson T, et al. Guidelines for the Early Management of Patients With Acute Ischemic Stroke: 2019 Update to the 2018 Guidelines for the Early Management of Acute Ischemic Stroke: A Guideline for Healthcare Professionals From the American Heart Association/American Stroke Association[J]. Stroke, 2019, 50: e344-e418. DOI: 10.1161/STR.0000000000000211.

（本文编辑：王晶）