

DOI: 10.16781/j.0258-879x.2022.01.0042

· 专题报道 ·

基于CT灌注成像的pc-ASPECTS对椎基底动脉闭塞急性缺血性脑卒中预后的预测价值

沈红健^{1△}, 沈芳^{1△}, 尹伟², 邢鹏飞¹, 李子付¹, 张磊¹, 李强¹, 杨鹏飞¹, 张永巍^{1*}, 刘建民¹

1. 海军军医大学(第二军医大学)长海医院脑血管病中心, 上海 200433

2. 海军军医大学(第二军医大学)长海医院放射诊断科, 上海 200433

[摘要] **目的** 探讨基于脑计算机断层扫描灌注成像(CTP)的后循环Alberta脑卒中计划早期计算机断层扫描评分(pc-ASPECTS)对椎基底动脉闭塞急性缺血性脑卒中(VBAO-AIS)预后的预测价值。**方法** 回顾性分析2019年1月至2020年12月在海军军医大学(第二军医大学)长海医院脑血管病中心接受血管内治疗的56例VBAO-AIS患者资料。所有患者急诊行多模态CT检查评估,获得基于非增强计算机断层扫描(NCCT)、CTP和RAPID-CTP的pc-ASPECTS。以治疗后3个月改良Rankin量表(mRS)评分作为预后评价指标(mRS评分 ≤ 3 分为预后良好)。采用ROC曲线和多因素logistic回归分析评价基于NCCT与CTP、RAPID-CTP各参数的pc-ASPECTS对预后的预测价值。**结果** 56例患者中预后良好组29例、预后不良组27例。预后良好组基于NCCT及CTP和RAPID-CTP各参数的pc-ASPECTS均高于预后不良组(P 均 < 0.05)。基于CTP脑血容量(CBV)的pc-ASPECTS和基于RAPID-CBV的pc-ASPECTS预测预后的灵敏度分别为89.7%和79.3%,特异度分别为74.1%和81.5%,AUC值分别为0.861(95%CI 0.760~0.963)和0.861(95%CI 0.764~0.958)。二分类多因素logistic回归分析显示,基于NCCT的pc-ASPECTS ≥ 8 分、基于CTP CBV的pc-ASPECTS ≥ 7 分、基于CTP平均通过时间(MTT)的pc-ASPECTS ≥ 5 分、基于RAPID-CBV的pc-ASPECTS ≥ 8 分、基于RAPID-脑血流量(CBF)的pc-ASPECTS ≥ 7 分是预测VBAO-AIS患者血管内治疗后3个月预后良好的独立因素(P 均 < 0.05)。**结论** 基于CTP各参数的pc-ASPECTS是VBAO-AIS患者一个有用的预后指标,尤其是基于CBV的pc-ASPECTS对血管内治疗后3个月预后有较高的预测价值。

[关键词] 急性缺血性脑卒中;椎基底动脉闭塞;计算机断层扫描灌注成像;后循环;Alberta脑卒中计划早期计算机断层扫描评分;血管内治疗

[中图分类号] R 743.3

[文献标志码] A

[文章编号] 0258-879X(2022)01-0042-07

Prognostic value of pc-ASPECTS based on CT perfusion in patients with acute ischemic stroke caused by vertebral and basilar artery occlusion

SHEN Hong-jian^{1△}, SHEN Fang^{1△}, YIN Wei², XING Peng-fei¹, LI Zi-fu¹, ZHANG Lei¹, LI Qiang¹, YANG Peng-fei¹, ZHANG Yong-wei^{1*}, LIU Jian-min¹

1. Neurovascular Center, Changhai Hospital, Naval Medical University (Second Military Medical University), Shanghai 200433, China

2. Department of Radiology, Changhai Hospital, Naval Medical University (Second Military Medical University), Shanghai 200433, China

[Abstract] **Objective** To explore the predictive value of posterior circulation-Alberta Stroke Program early computed tomography score (pc-ASPECTS) based on cerebral computed tomography perfusion (CTP) for prognosis of patients with acute ischemic stroke caused by vertebral and basilar artery occlusion (VBAO-AIS). **Methods** The data of 56 patients with VBAO-AIS who received endovascular treatment in the Neurovascular Center, Changhai Hospital, Naval Medical University (Second Military Medical University) from Jan. 2019 to Dec. 2020 were retrospectively analyzed. All patients underwent emergency multimodal computed tomography (CT) examination, and the pc-ASPECTSs based on non-

[收稿日期] 2021-09-21 [接受日期] 2021-11-16

[基金项目] 国家自然科学基金(82071278),上海市临床重点专科项目(shslczdk06101). Supported by National Natural Science Foundation of China (82071278) and Shanghai Municipal Key Clinical Specialty Project (shslczdk06101).

[作者简介] 沈红健,硕士,主治医师.E-mail: fox2shj@126.com;沈芳,博士,主治医师.E-mail: 821982272@qq.com

△共同第一作者(Co-first authors).

*通信作者(Corresponding author). Tel: 021-31161940, E-mail: zhangyongwei@163.com

contrast computed tomography (NCCT), CTP and RAPID-CTP were obtained. The modified Rankin scale (mRS) score 3 months after treatment was used to evaluate prognosis (mRS score ≤ 3 indicated good prognosis). Receiver operating characteristic (ROC) curve and multivariate logistic regression analysis were used to evaluate the prognostic value of pc-ASPECTS based on NCCT and each parameter of CTP and RAPID-CTP. **Results** Among the 56 patients, 29 had good prognosis and 27 had poor prognosis. The pc-ASPECTSs based on NCCT and each parameter of CTP and RAPID-CTP were significantly higher in the good prognosis group than those in the poor prognosis group (all $P < 0.05$). The sensitivities of CTP cerebral blood volume (CBV) pc-ASPECTS and RAPID-CBV pc-ASPECTS in predicting prognosis were 89.7% and 79.3%, the specificities were 74.1% and 81.5%, and the area under curve values were 0.861 (95% confidence interval [CI] 0.760-0.963) and 0.861 (95% CI 0.764-0.958), respectively. Binary multivariate logistic regression analysis showed that NCCT pc-ASPECTS ≥ 8 , CTP CBV pc-ASPECTS ≥ 7 , CTP mean transit time (MTT) pc-ASPECTS ≥ 5 , RAPID-CBV pc-ASPECTS ≥ 8 , and RAPID-cerebral blood flow (CBF) pc-ASPECTS ≥ 7 were independent factors in predicting good prognosis of VBAO-AIS patients 3 months after endovascular treatment (all $P < 0.05$). **Conclusion** pc-ASPECTS based on each parameter of CTP is a useful prognostic marker of VBAO-AIS patients. In particular, CBV pc-ASPECTS has a high predictive value for the prognosis of VBAO-AIS patients 3 months after endovascular treatment.

[**Key words**] acute ischemic stroke; vertebral and basilar artery occlusion; computed tomography perfusion; posterior circulation; Alberta Stroke Program early computed tomography score; endovascular treatment

[Acad J Sec Mil Med Univ, 2022, 43(1): 42-48]

急性椎基底动脉闭塞 (vertebral and basilar artery occlusion, VBAO) 所致的急性缺血性脑卒中 (acute ischemic stroke, AIS) 占有颅内大血管闭塞 AIS 的 5%~10%^[1-2], 尽管总体占比低, 但临床预后差, 约 70% 的 VBAO 患者会出现严重残疾或死亡^[3-5]。血管内治疗是前循环大血管闭塞 AIS 的有效治疗手段^[6], 但其能否使后循环大血管闭塞患者获益始终存在争议。最新的 2 项随机对照试验均未能证实血管内治疗对后循环大血管闭塞 AIS 的有效性, 同时不良临床结局的比例接近 60%^[7-8]。因此, 对 VBAO-AIS 患者预后做出准确判断, 筛选合适的患者进行积极干预尤为关键。

寻找适用于非增强计算机断层扫描 (non-contrast computed tomography, NCCT) 和计算机断层扫描血管成像源图像 (computed tomography angiography-source image, CTA-SI) 的半定量评分系统, 有助于判定后循环脑卒中患者的预后。Puetz 等^[9] 最先提出了后循环 Alberta 脑卒中计划早期计算机断层扫描评分 (posterior circulation-Alberta Stroke Program early computed tomography score, pc-ASPECTS), 其研究结果显示基于 CTA-SI 的 pc-ASPECTS 可以预测患者的临床功能结局^[9-10]。近几年, 头颅计算机断层扫描灌注成像 (computed tomography perfusion, CTP) 在临床运用越来越普遍。研究发现与 NCCT 相比, CTP 诊断脑卒中的灵敏度和预测后循环脑卒中的准确度均更高^[11]。对

前循环大血管闭塞 AIS 的研究发现, 基于 CTP 的 Alberta 脑卒中计划早期计算机断层扫描评分具有更高的预后预测价值^[12], 但目前 CTP 在后循环脑卒中预后预测方面的研究较少。本研究探讨基于 CTP 的 pc-ASPECTS 对行血管内治疗 VBAO-AIS 患者预后的预测价值。

1 资料和方法

1.1 研究对象 回顾性选择 2019 年 1 月至 2020 年 12 月在海军军医大学 (第二军医大学) 长海医院脑血管病中心接受血管内治疗的 VBAO-AIS 患者。纳入标准: (1) 急诊诊断为后循环 AIS 且接受血管内治疗; (2) 术前完成多模态 CT 检查评估, 经 NCCT 排除出血, 且经计算机断层扫描血管成像 (computed tomography angiography, CTA) 和 CTP 证实责任血管为椎动脉和/或基底动脉; (3) 发病至股动脉穿刺时间 (onset-to-puncture time, OPT) ≤ 24 h; (4) 发病前改良 Rankin 量表 (modified Rankin scale, mRS) 评分 ≤ 2 分。排除标准: (1) 术前未行多模态 CT 检查或序列不完整; (2) 影像图像清晰度差, 影响判读; (3) 前循环和后循环大血管均有受累; (4) 既往接受过机械取栓治疗; (5) 临床资料不完整。本研究通过海军军医大学 (第二军医大学) 长海医院医学伦理委员会审批。

1.2 研究方法

1.2.1 临床资料收集 收集患者年龄、性别、基线

美国国立卫生研究院卒中量表 (National Institutes of Health stroke scale, NIHSS) 评分、发病时间(或末次正常时间)、股动脉穿刺时间、血管再通时间等信息,以及高血压史、糖尿病史、心房颤动史、冠心病史、既往脑卒中史、吸烟史等危险因素相关数据。记录患者的OPT和发病至血管再通时间(onset-to-recanalization time, ORT)。

1.2.2 多模态CT影像评估 所有患者多模态CT评估均通过我院急诊一站式的多模态影像平台(Brilliance iCT 256, 荷兰Philips公司)进行。首先进行头颅NCCT检查,基本扫描参数为管电压120 kV、管电流400 mA、转速0.4秒/圈;基本重建参数为厚层层厚/层间距5 mm/5 mm,薄层层厚/层间距1 mm/1 mm。然后进行CTP检查,基本扫描参数为管电压80 kV、管电流180 mA、转速0.33秒/圈,采用摇篮床灌注技术对全脑进行灌注成像;重建参数为层厚/层间距5 mm/5 mm;造影剂采用非离子型碘造影剂,造影剂用量为50 mL,流速为5.0 mL/s,造影剂注射完成后加注30 mL生理盐水,延迟扫描设置为造影剂注射开始后1 s启动。最后进行CTA检查,基本扫描参数为管电压80 kV、管电流300 mA、转速0.75秒/圈;重建参数为层厚/层间距0.8 mm/0.4 mm;造影剂采用非离子型碘造影剂,造影剂用量为50 mL,流速为5.0 mL/s,造影剂注射完成后加注30 mL生理盐水,延迟扫描时间通过测量CTP达峰时间(time to peak, TTP)获得。将所有数据导入后处理工作站(星云工作站,荷兰Philips公司)进行后处理,使用CTP数据获得脑血容量(cerebral blood volume, CBV)、脑血流量(cerebral blood flow, CBF)、平均通过时间(mean transit time, MTT)和TTP。同时,将CTP数据传输至RAPID软件(美国iSchemaView公司),自动化分析获取脑RAPID-CBV、RAPID-CBF、RAPID-MTT、RAPID达峰时间(RAPID-time to maximum, RAPID- T_{max})。

1.2.3 pc-ASPECTS评估 基于NCCT、CTP和RAPID-CTP分别进行pc-ASPECTS评估。pc-ASPECTS系统将后循环供血区域分值划分为双侧小脑半球、双侧丘脑、双侧枕叶各1分,脑桥、中脑各2分。全部脑区域影像正常时pc-ASPECTS为10分,病变每累及1个区域就减去相应的分值,获得最终得分^[8]。

1.2.4 血管再通程度评估 采用改良脑梗死溶

栓(modified thrombolysis in cerebral infarction, mTICI)分级评价血管再通程度,其中mTICI分级 $\geq 2b$ 级为血管成功再通。

1.2.5 临床结局评价 采用mRS评分评价治疗后3个月预后情况,将mRS评分 ≤ 3 分判定为预后良好,4~6分为预后不良^[7-8]。

1.3 统计学处理 应用SPSS 22.0软件进行统计学分析。计量资料满足正态分布且方差齐以 $\bar{x} \pm s$ 表示,两组间比较采用独立样本 t 检验;不满足正态分布或方差不齐,以中位数(下四分位数,上四分位数)表示,两组间比较采用Mann-Whitney U 检验。计数资料以例数和百分数表示,两组间比较采用 χ^2 检验。使用ROC曲线评估pc-ASPECTS对预后的预测价值。将单因素分析结果中差异有统计学意义的变量纳入多因素logistic回归分析,评价基于NCCT、CTP、RAPID-CTP各参数的pc-ASPECTS对患者血管内治疗后3个月预后的预测价值。检验水准(α)为0.05。

2 结果

2.1 预后良好组和预后不良组VBAO-AIS患者的基线资料比较 2019年1月至2020年12月,我中心共收治72例接受血管内治疗的VBAO-AIS患者,其中16例患者被排除,包括多模态CT检查序列不全5例、OPT >24 h 2例、反复取栓2例、大脑后动脉闭塞2例、未行多模态CT检查2例、前循环和后循环同时受累1例、影像图像不清晰1例、发病前mRS评分 >2 分1例。最终56例符合条件的患者入组,男41例、女15例,年龄为31~86岁,平均年龄为(65.11 \pm 10.51)岁,其中基底动脉闭塞51例、椎动脉闭塞5例。29例患者治疗后3个月预后良好,预后良好率为51.8%。预后良好组患者的基线NIHSS评分和合并糖尿病的患者占比均低于预后不良组($Z=3.578, P<0.001; \chi^2=5.914, P=0.015$)。两组患者在年龄、性别、闭塞血管部位、高血压史、心房颤动史、冠心病史、吸烟史、既往脑卒中史、治疗前是否行静脉溶栓、OPT、血管再通情况等方面差异均无统计学意义(P 均 >0.05)。见表1。

2.2 预后良好组和预后不良组VBAO-AIS患者的术前pc-ASPECTS比较 预后良好组基于NCCT及CTP和RAPID-CTP各参数的pc-ASPECTS均高于预后不良组(P 均 <0.05)。见表2。

表1 血管内治疗后3个月预后良好组和不良组VBAO-AIS患者的基线资料

Tab 1 Baseline data of VBAO-AIS patients with good or poor prognosis 3 months after endovascular treatment

Characteristic	All patients $N=56$	Poor prognosis $N=27$	Good prognosis $N=29$	Statistic	P value
Age/year, $\bar{x} \pm s$	65.11 \pm 10.51	66.22 \pm 10.49	64.07 \pm 10.60	$t=0.764$	0.448
Male, n (%)	41 (73.2)	22 (81.5)	19 (65.5)	$\chi^2=1.817$	0.178
NIHSS score, $M(Q_L, Q_U)$	20.0 (8.0, 27.0)	25.0 (19.0, 33.0)	11.0 (4.0, 22.5)	$Z=3.578$	<0.001
Occlusion site, n (%)				$\chi^2=0.305$	0.580
Basilar artery	51 (91.1)	24 (88.9)	27 (93.1)		
Vertebral artery	5 (8.9)	3 (11.1)	2 (6.9)		
Stroke risk factor, n (%)					
Hypertension	44 (78.6)	21 (77.8)	23 (79.3)	$\chi^2=0.020$	0.889
Diabetes mellitus	20 (35.7)	14 (51.9)	6 (20.7)	$\chi^2=5.914$	0.015
Atrial fibrillation	9 (16.1)	5 (18.5)	4 (13.8)	$\chi^2=0.231$	0.630
Coronary heart disease	4 (7.1)	3 (11.1)	1 (3.4)	$\chi^2=1.238$	0.266
Stroke history	14 (25.0)	6 (22.2)	8 (27.6)	$\chi^2=0.215$	0.643
Smoking	26 (46.4)	13 (48.1)	13 (44.8)	$\chi^2=0.062$	0.803
IVT before treatment, n (%)	6 (10.7)	3 (11.1)	3 (10.3)	$\chi^2=0.009$	0.926
OPT/min, $M(Q_L, Q_U)$	522.50 (288.75, 893.75)	580.00 (310.00, 913.00)	469.00 (271.00, 878.50)	$Z=0.377$	0.706
ORT/min, $M(Q_L, Q_U)$	530.00 (318.50, 899.50)	593.00 (384.00, 925.75)	482.00 (309.00, 889.50)	$Z=0.876$	0.381
mTICI grade $\geq 2b$, n (%)	53 (94.6)	24 (88.9)	29 (100.0)	$\chi^2=3.405$	0.065

VBAO: Vertebral and basilar artery occlusion; AIS: Acute ischemic stroke; NIHSS: National Institutes of Health stroke scale; IVT: Intravenous thrombolysis; OPT: Onset-to-puncture time; ORT: Onset-to-recanalization time; mTICI: Modified thrombolysis in cerebral infarction; $M(Q_L, Q_U)$: Median (lower quartile, upper quartile).

表2 血管内治疗后3个月预后良好组和不良组VBAO-AIS患者的术前pc-ASPECTS

Tab 2 Preoperative pc-ASPECTS of VBAO-AIS patients with good or poor prognosis 3 months after endovascular treatment

Variable	All patients $n=56$	Poor prognosis $n=27$	Good prognosis $n=29$	Median (lower quartile, upper quartile)	
				Z value	P value
NCCT pc-ASPECTS	9.0 (7.0, 10.0)	8.0 (7.0, 9.0)	9.0 (8.0, 10.0)	2.680	0.007
CTP CBV pc-ASPECTS	7.0 (6.0, 9.0)	6.0 (5.0, 7.0)	8.0 (7.0, 10.0)	4.716	<0.001
CTP CBF pc-ASPECTS	4.0 (2.0, 6.0)	3.0 (2.0, 5.0)	5.0 (2.5, 6.5)	2.348	0.019
CTP MTT pc-ASPECTS	3.0 (1.2, 6.0)	3.0 (1.0, 4.0)	5.0 (2.0, 6.0)	2.397	0.017
CTP TTP pc-ASPECTS	3.0 (2.0, 6.0)	2.0 (1.0, 4.0)	5.0 (2.0, 6.0)	2.317	0.021
RAPID-CBV pc-ASPECTS	7.5 (6.0, 9.0)	6.0 (5.0, 7.0)	9.0 (8.0, 10.0)	4.697	<0.001
RAPID-CBF pc-ASPECTS	6.0 (4.0, 8.0)	5.0 (3.0, 6.0)	8.0 (4.0, 9.0)	2.651	0.008
RAPID-MTT pc-ASPECTS	4.5 (2.0, 7.0)	3.0 (2.0, 5.0)	6.0 (4.0, 8.0)	3.051	0.002
RAPID- T_{max} pc-ASPECTS	3.0 (2.0, 6.0)	2.0 (1.0, 4.0)	4.0 (2.0, 6.0)	2.191	0.028

VBAO: Vertebral and basilar artery occlusion; AIS: Acute ischemic stroke; pc-ASPECTS: Posterior circulation-Alberta Stroke Program early computed tomography score; NCCT: Non-contrast computed tomography; CTP: Computed tomography perfusion; CBV: Cerebral blood volume; CBF: Cerebral blood flow; MTT: Mean transit time; TTP: Time to peak; T_{max} : Time to maximum.

2.3 术前pc-ASPECTS预测VBAO-AIS患者预后的ROC曲线分析 基于NCCT的pc-ASPECTS预测VBAO-AIS患者血管内治疗后3个月预后的灵敏度为69.0%，特异度为63.0%，AUC值为0.704 (95% CI 0.566~0.841, $P=0.009$)。基于CTP CBV、CBF、MTT、TTP的pc-ASPECTS预测预后的灵敏度和特异度分别为89.7%和74.1%、62.1%和74.1%、62.1%和85.2%、58.6%和85.2%，AUC值分别为0.861 (95% CI 0.760~0.963, $P<$

0.05)、0.681 (95% CI 0.538~0.824, $P<0.05$)、0.685 (95% CI 0.541~0.829, $P<0.05$)、0.679 (95% CI 0.534~0.823, $P<0.05$)。基于RAPID-CBV、RAPID-CBF、RAPID-MTT、RAPID- T_{max} 的pc-ASPECTS预测预后的灵敏度和特异度分别为79.3%和81.5%、55.2%和92.6%、79.3%和55.6%、55.2%和70.4%，AUC值分别为0.861 (95% CI 0.764~0.958, $P<0.05$)、0.705 (95% CI 0.564~0.846, $P<0.05$)、0.736 (95% CI 0.604~0.867,

$P < 0.05$)、0.669 (95% CI 0.527~0.811, $P < 0.05$)。2.4 术前 pc-ASPECTS 预测 VBAO-AIS 患者血管内治疗后 3 个月预后的多因素分析 多因素 logistic 回归分析结果 (表 3) 显示, 基于 CTP CBV 和 RAPID-CBV 的 pc-ASPECTS 对急性 VBAO-AIS 患者血管内治疗后 3 个月预后具有预测价值 ($P = 0.002$ 、 0.001); 在校正年龄、基线 NIHSS 评分、糖尿病、OPT 后, 多因素 logistic 回归分析结果 (表 3) 显示, 基于 NCCT、CTP CBV、RAPID-CBV 和 RAPID-MTT 的 pc-ASPECTS 均对血管内治

疗后 3 个月预后具有预测价值 (P 均 < 0.05)。根据 ROC 曲线分析确定的临界值对 pc-ASPECTS 进行二分类, 然后进行二分类多因素 logistic 回归分析, 结果 (表 4) 显示无论是否校正年龄、基线 NIHSS 评分、糖尿病、OPT, 基于 NCCT 的 pc-ASPECTS ≥ 8 分、基于 CTP CBV 的 pc-ASPECTS ≥ 7 分、基于 CTP MTT 的 pc-ASPECTS ≥ 5 分、基于 RAPID-CBV 的 pc-ASPECTS ≥ 8 分、基于 RAPID-CBF 的 pc-ASPECTS ≥ 7 分均是预测 VBAO-AIS 患者血管内治疗后 3 个月预后良好的独立因素 (P 均 < 0.05)。

表 3 术前 pc-ASPECTS 预测 VBAO-AIS 患者血管内治疗后 3 个月预后的多因素 logistic 回归分析

Tab 3 Multivariate logistic regression analysis of preoperative pc-ASPECTS in predicting prognosis of VBAO-AIS patients 3 months after endovascular treatment

Variable	Crude		Adjusted ^a	
	OR (95% CI)	P value	OR (95% CI)	P value
NCCT pc-ASPECTS	0.689 (0.461, 1.027)	0.068	0.491 (0.283, 0.852)	0.011
CTP CBV pc-ASPECTS	0.387 (0.214, 0.702)	0.002	0.356 (0.190, 0.668)	0.001
CTP CBF pc-ASPECTS	0.859 (0.656, 1.125)	0.270	0.785 (0.571, 1.079)	0.136
CTP MTT pc-ASPECTS	0.837 (0.649, 1.080)	0.172	0.786 (0.590, 1.046)	0.098
CTP TTP pc-ASPECTS	0.837 (0.640, 1.096)	0.196	0.785 (0.580, 1.063)	0.118
RAPID-CBV pc-ASPECTS	0.352 (0.189, 0.658)	0.001	0.261 (0.114, 0.597)	0.001
RAPID-CBF pc-ASPECTS	0.845 (0.656, 1.089)	0.193	0.785 (0.593, 1.038)	0.090
RAPID-MTT pc-ASPECTS	0.768 (0.579, 1.019)	0.067	0.721 (0.528, 0.984)	0.040
RAPID- T_{max} pc-ASPECTS	0.884 (0.678, 1.153)	0.363	0.822 (0.615, 1.099)	0.185

^a: Adjusted factors included age, baseline National Institutes of Health stroke scale score, diabetes mellitus and onset-to-puncture time. pc-ASPECTS: Posterior circulation-Alberta Stroke Program early computed tomography score; VBAO: Vertebral and basilar artery occlusion; AIS: Acute ischemic stroke; NCCT: Non-contrast computed tomography; CTP: Computed tomography perfusion; CBV: Cerebral blood volume; CBF: Cerebral blood flow; MTT: Mean transit time; TTP: Time to peak; T_{max} : Time to maximum; OR: Odds ratio; CI: Confidence interval.

表 4 术前 pc-ASPECTS 预测 VBAO-AIS 患者血管内治疗后 3 个月预后的二分类多因素 logistic 回归分析

Tab 4 Binary multivariate logistic regression analysis of preoperative pc-ASPECTS in predicting prognosis of VBAO-AIS patients 3 months after endovascular treatment

Variable ^a	Crude		Adjusted ^b	
	OR (95% CI)	P value	OR (95% CI)	P value
NCCT pc-ASPECTS (≥ 8 vs < 8)	0.178 (0.036, 0.875)	0.034	0.031 (0.003, 0.339)	0.004
CTP CBV pc-ASPECTS (≥ 7 vs < 7)	0.014 (0.001, 0.150)	< 0.001	0.003 (0.000, 0.077)	< 0.001
CTP CBF pc-ASPECTS (≥ 4 vs < 4)	0.353 (0.096, 1.296)	0.117	0.225 (0.049, 1.023)	0.054
CTP MTT pc-ASPECTS (≥ 5 vs < 5)	0.174 (0.042, 0.730)	0.017	0.133 (0.029, 0.620)	0.010
CTP TTP pc-ASPECTS (≥ 4 vs < 4)	0.336 (0.092, 1.229)	0.099	0.237 (0.055, 1.017)	0.053
RAPID-CBV pc-ASPECTS (≥ 8 vs < 8)	0.055 (0.010, 0.323)	0.001	0.010 (0.001, 0.149)	0.001
RAPID-CBF pc-ASPECTS (≥ 7 vs < 7)	0.227 (0.058, 0.889)	0.033	0.150 (0.030, 0.753)	0.021
RAPID-MTT pc-ASPECTS (≥ 4 vs < 4)	0.337 (0.087, 1.306)	0.116	0.252 (0.057, 1.120)	0.070
RAPID- T_{max} pc-ASPECTS (≥ 4 vs < 4)	0.544 (0.151, 1.961)	0.352	0.327 (0.073, 1.463)	0.144

^a: The cut-off values were determined based on receiver operating characteristic curve analysis; ^b: Adjusted factors included age, baseline National Institutes of Health stroke scale score, diabetes mellitus and onset-to-puncture time. pc-ASPECTS: Posterior circulation-Alberta Stroke Program early computed tomography score; VBAO: Vertebral and basilar artery occlusion; AIS: Acute ischemic stroke; NCCT: Non-contrast computed tomography; CTP: Computed tomography perfusion; CBV: Cerebral blood volume; CBF: Cerebral blood flow; MTT: Mean transit time; TTP: Time to peak; T_{max} : Time to maximum; OR: Odds ratio; CI: Confidence interval.

3 讨论

本研究多因素 logistic 回归分析结果显示, 基于 CTP CBV 的 pc-ASPECTS 和基于 RAPID-CBV 的 pc-ASPECTS 能独立预测 VBAO-AIS 患者血管内治疗后的临床结局, 其中, 基于 CTP CBV 的 pc-ASPECTS ≥ 7 分或基于 RAPID-CBV 的 pc-ASPECTS ≥ 8 分的患者更可能在治疗后 3 个月时有良好的预后, 这表明基于 CTP 的 pc-ASPECTS 对急性 VBAO-AIS 患者血管内治疗临床预后有良好的预测价值, 与既往研究结果一致。Pallesen 等^[13]探讨了基于 CTP 的 pc-ASPECTS 对 VBAO 患者血管内治疗预后的预测价值, 结果显示 CBV 图像上广泛病变 (pc-ASPECTS < 8 分) 与高病死率密切相关。但该研究样本量小 ($n=27$), CTP 扫描部位不全, 仅 19% 的患者有脑桥 CTP 图像。此后, Alemseged 等^[14]回顾性分析了来自 4 家卒中中心的连续 60 例急性 VBAO 患者的全脑 CTP 数据, 结果显示基于 CTP CBV 的 pc-ASPECTS (0~8 分) 与不良结局独立相关 ($OR=9.3$, 95% CI 2.2~41)。但该研究中 4 家卒中中心使用的扫描设备和软件、图像采集方案有所不同, 这可能会影响结果的稳定性。本研究借助我院急诊一站式多模态影像平台弥补了这一缺陷, 还创新性地使用了 2 种 CTP 彩色编码图像处理方法进行评价, 使结论更为可靠。

本研究 ROC 曲线分析结果显示, 基于 CTP CBV 的 pc-ASPECTS 和基于 RAPID-CBV 的 pc-ASPECTS 预测 VBAO-AIS 患者血管内治疗后 3 个月预后良好的灵敏度分别为 89.7% 和 79.3%, 特异度分别为 74.1% 和 81.5%, 且 AUC 值均高于 NCCT pc-ASPECTS, 而基于其他各项参数的 pc-ASPECTS 的 AUC 值均接近, 甚至低于 NCCT pc-ASPECTS。这一结果证明基于 CBV 的 pc-ASPECTS 可用于 VBAO-AIS 患者血管内治疗后预后的评估。

由 pc-ASPECTS 数据可见, 基于 CBF、MTT、TTP (或 RAPID- T_{max}) 的 pc-ASPECTS 较基于 CBV 的 pc-ASPECTS 更低, 提示它们对缺血有着非常高的灵敏性, 且在单因素分析中它们在两组之间差异均有统计学意义, 但在多因素分析中除基于 RAPID-MTT 的 pc-ASPECTS 外其他并没有表现出明显的预测价值。即便本研究采用 ROC 曲线确定最佳临界值后进行了二分类多因素分析, 但部分

参数 (基于 CTP CBF、CTP TTP、RAPID-MTT 和 RAPID- T_{max} 的 pc-ASPECTS) 的预测效能仍无显著性。分析原因在于, 后循环卒中患者的预后与最终梗死部位和大小密切相关。Caruso 等^[15]研究发现, 对于未接受再灌注治疗的后循环脑卒中, 基于 CTP MTT 的 pc-ASPECTS 与出院时 NIHSS 评分、mRS 评分和出院后 3 个月 mRS 评分密切相关。对于再灌注治疗的 VBAO-AIS 的患者, 特别是接受血管内治疗的患者, 术前影像学检查显示的缺血范围并不能反映最终梗死区域, 而 CBV 下降则往往提示核心梗死。如果 VBAO-AIS 患者能够及时实现血管再通, 则可以挽救缺血半暗带, 最终梗死区域可能远小于术前观察到的缺血范围。随着技术的成熟和器械的改进, 后循环缺血性脑卒中行血管内治疗后血管成功再通率可以达到 70%~80%^[5,7-8]。本研究中更是有 94.6% 的患者达到了血管成功再通 (mTICI 分级 $\geq 2b$ 级), 这使上述能灵敏反映缺血状况的影像学参数不一定会在预测血管内治疗后患者预后中体现出优势。需要注意的是, 与 CTA-SI 一样, CTP 也存在光束硬化伪影, 可能降低了脑干缺血病变评估的准确性。所以在术前评估时, 需结合其他参数判断缺血改变, 综合考虑是否发生缺血或梗死。此外, 由于新旧梗死区域的 CBV 难以区分, 因此需要结合 NCCT 图像加以判断, 不能单一依靠 CTP 图像进行评判。

基于 CTP 的 pc-ASPECTS 在临床实践中仍面临着一些尚待解决的问题: (1) CTP 检查设备、后处理软件、采集方案多样, 难以形成一致性操作方案。(2) 成像模式中的光束硬化伪影使评估脑干缺血变化具有挑战性。(3) 本研究中采用了 2 种不同 CTP 后处理软件进行评分, 由 2 种软件获得的各项参数采用 ROC 曲线确定的临界值存在差异。另外, 最近一项研究通过亚组分析发现, 基于 NCCT 的 pc-ASPECTS ≥ 5 分的基底动脉闭塞患者有可能从血管内治疗中获益^[16]。因此, 合理的基于 CBV 的 pc-ASPECTS 临界值较难确立, 可能需要开展基于 CTP 的 pc-ASPECTS 预测血管内治疗 AIS 患者有效性的试验。(4) 本研究是小样本、回顾性、单中心研究, 研究结论仍需要进行外部一致性评价。

综上所述, 基于 CTP 的 pc-ASPECTS 可以在不需要体积定量软件的情况下对 VBAO-AIS 患者的

预后进行评估,可能是VBAO-AIS一个有用的预后指标,尤其是基于CBV的pc-ASPECTS对临床预后具有较高的预测价值,能为临床治疗决策提供重要参考。

[参考文献]

- [1] SMITH W S, LEV M H, ENGLISH J D, CAMARGO E C, CHOU M, JOHNSTON S C, et al. Significance of large vessel intracranial occlusion causing acute ischemic stroke and TIA[J]. *Stroke*, 2009, 40: 3834-3840.
- [2] MATTLE H P, ARNOLD M, LINDSBERG P J, SCHONEWILLE W J, SCHROTH G. Basilar artery occlusion[J]. *Lancet Neurol*, 2011, 10: 1002-1014.
- [3] SINGER O C, BERKEFELD J, NOLTE C H, BOHNER G, HARING H P, TRENKLER J, et al. Mechanical recanalization in basilar artery occlusion: the ENDOSTROKE study[J]. *Ann Neurol*, 2015, 77: 415-424.
- [4] SCHONEWILLE W J, WIJMAN C A, MICHEL P, RUECKERT C M, WEIMAR C, MATTLE H P, et al. Treatment and outcomes of acute basilar artery occlusion in the Basilar Artery International Cooperation Study (BASICS): a prospective registry study[J]. *Lancet Neurol*, 2009, 8: 724-730.
- [5] Writing Group for the BASILAR Group, ZI W, QIU Z, WU D, LI F, LIU H, et al. Assessment of endovascular treatment for acute basilar artery occlusion via a nationwide prospective registry[J]. *JAMA Neurol*, 2020, 77: 561-573.
- [6] POWERS W J, RABINSTEIN A A, ACKERSON T, ADEOYE O M, BAMBAKIDIS N C, BECKER K, 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/OL]. *Stroke*, 2018, 49: e46-e110. DOI: 10.1161/STR.000000000000158.
- [7] LIU X, DAI Q, YE R, ZI W, LIU Y, WANG H, et al. Endovascular treatment versus standard medical treatment for vertebrobasilar artery occlusion (BEST): an open-label, randomised controlled trial[J]. *Lancet Neurol*, 2020, 19: 115-122.
- [8] LANGEZAAL L C M, VAN DER HOEVEN E J R J, MONT'ALVERNE F J A, DE CARVALHO J J F, LIMA F O, DIPPEL D W J, et al. Endovascular therapy for stroke due to basilar-artery occlusion[J]. *N Engl J Med*, 2021, 384: 1910-1920.
- [9] PUETZ V, SYLAJA P N, COUTTS S B, HILL M D, DZIALOWSKI I, MUELLER P, et al. Extent of hypoattenuation on CT angiography source images predicts functional outcome in patients with basilar artery occlusion[J]. *Stroke*, 2008, 39: 2485-2490.
- [10] PUETZ V, KHOMENKO A, HILL M D, DZIALOWSKI I, MICHEL P, WEIMAR C, et al. Extent of hypoattenuation on CT angiography source images in basilar artery occlusion: prognostic value in the Basilar Artery International Cooperation Study[J]. *Stroke*, 2011, 42: 3454-3459.
- [11] BIESBROEK J M, NIESTEN J M, DANKBAAR J W, BIESELS G J, VELTHUIS B K, REITSMA J B, et al. Diagnostic accuracy of CT perfusion imaging for detecting acute ischemic stroke: a systematic review and meta-analysis[J]. *Cerebrovasc Dis*, 2013, 35: 493-501.
- [12] PSYCHOGIOS M N, SCHRAMM P, FRÖLICH A M, KALLENBERG K, WASSER K, REINHARDT L, et al. Alberta Stroke Program early CT scale evaluation of multimodal computed tomography in predicting clinical outcomes of stroke patients treated with aspiration thrombectomy[J]. *Stroke*, 2013, 44: 2188-2193.
- [13] PALLESEN L P, GERBER J, DZIALOWSKI I, VAN DER HOEVEN E J, MICHEL P, PFEFFERKORN T, et al. Diagnostic and prognostic impact of pc-ASPECTS applied to perfusion CT in the Basilar Artery International Cooperation Study[J]. *J Neuroimaging*, 2015, 25: 384-389.
- [14] ALEMSEGED F, SHAH D G, BIVARD A, KLEINIG T J, YASSI N, DIOMEDI M, et al. Cerebral blood volume lesion extent predicts functional outcome in patients with vertebral and basilar artery occlusion[J]. *Int J Stroke*, 2019, 14: 540-547.
- [15] CARUSO P, RIDOLFI M, LUGNAN C, AJCEVIC M, FURLANIS G, BELLAVITA G, et al. Multimodal CT pc-ASPECTS in infratentorial stroke: diagnostic and prognostic value[J]. *Neurol Sci*, 2021, 42: 4231-4240.
- [16] SANG H, LI F, YUAN J, LIU S, LUO W, WEN C, et al. Values of baseline posterior circulation acute stroke prognosis early computed tomography score for treatment decision of acute basilar artery occlusion[J]. *Stroke*, 2021, 52: 811-820.

[本文编辑] 杨亚红