

• 中枢神经影像学 •

基于 FastStroke 软件 ColorViz 融合图预测急性缺血性脑卒中的临床结局

王振华, 马耀兴, 王爱军, 马博, 陈兵

【摘要】 目的:探讨基于 FastStroke 软件的 ColorViz 融合图像在预测急性缺血性脑卒中患者临床结局中的应用价值。**方法:**前瞻性搜集 30 例前循环大血管闭塞性急性脑卒中患者(女 10 例,男 20 例),入组患者治疗前均行“一站式”多模式 CT 扫描,扫描序列包括 CT 平扫(non-contrast CT, NCCT)、多时相 CT 血管成像(mpCTA)和 CT 灌注成像(CTPI)。分别使用 GE Prefusion 4D 软件和数坤科技脑灌注智能分析系统(CTPDoc, 2.0 版)对 CTPI 图像进行后处理。分别采用 ColorViz 融合图侧支循环评分量表和 mpCTA 侧支循环评分量表对脑侧支循环进行评估。对评分者间的一致性采用线性加权 Kappa 检验进行评估。采用 Spearman 相关性分析法对基于 ColorViz 融合图与基于 mpCTA 的侧支循环评分之间的相关性进行分析。最后,采用受试者工作特征(ROC)曲线分析并比较基于 ColorViz 融合图的侧支循环评分、基于 mpCTA 的侧支循环评分以及 CTPI 参数(低灌注体积和梗死核心体积)对患者临床结局良好的预测能力。**结果:**相关性分析结果显示,基于 ColorViz 融合图的侧支循环评分与基于 mpCTA 的侧支循环评分之间呈高度正相关($r=0.856, P<0.001$)。ROC 曲线分析显示,在预测良好临床结局方面,基于 ColorViz 融合图的侧支循环评分、基于 mpCTA 的侧支循环评分以及 CTPI 参数中的低灌注体积和梗死核心体积具有相似的预测效能(AUC 分别为 0.87、0.86、0.77 和 0.80,两两比较 P 均 >0.05)。同等年资及不同年资诊断医师基于 ColorViz 融合图的侧支循环评分之间的一致性均高于基于 mpCTA(weighted Kappa 值分别为 0.90 vs. 0.82 和 0.77 vs. 0.69)。**结论:**ColorViz 融合图像对预测急性缺血性脑卒中患者早期临床结局的应用价值值得肯定,将来或可作为一种可靠的新方法用于患者临床结局预测。

【关键词】 急性缺血性脑卒中; CT 血管成像; 侧支循环; 临床结局

【中图分类号】 R743.3; R814.42 **【文献标志码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2022)12-1486-07

DOI:10.13609/j.cnki.1000-0313.2022.12.005

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



A preliminary study on prediction of clinical outcomes of patients with acute ischemic stroke using ColorViz fusion map based on FastStroke software WANG Zhen-hua, MA Yao-xing, WANG Ai-jun, et al. The Clinical School, Ningxia Medical University, Yinchuan 750004, China

【Abstract】 Objective: The purpose of this study was to explore the application value and practicability of ColorViz fusion map based on FastStroke software in predicting the clinical outcomes of patients with acute ischemic stroke. **Methods:** 30 patients (10 females and 20 males) with acute anterior circulation large vessel occlusive stroke were prospectively collected, and all patients underwent "one-stop" multimodal CT scan before treatment, including non-contrast CT (NCCT), multi-phase CT angiography (mpCTA) and CT perfusion imaging (CTPI). The ColorViz fusion map collateral circulation scoring scale and the mpCTA collateral circulation scoring scale were respectively used to evaluate the cerebral collateral circulation. The CTPI images were post-processed using GE CT Perfusion 4D software and Shukun Technology Brain Perfusion Intelligent Analysis System (CTPDoc, version 2.0). Inter-rater consistency was assessed using a linearly weighted Kappa tests. Then, Spearman correlation analysis was used to study the correlation between ColorViz fusion map-based collateral circulation

作者单位: 750003 宁夏银川, 宁夏医科大学临床医学院(王振华, 马耀兴); 750003 宁夏银川, 宁夏医科大学总医院放射科(王爱军, 马博, 陈兵)

作者简介: 王振华(1993-), 男, 宁夏中卫人, 硕士研究生, 住院医师, 主要从事神经影像学诊断工作。

通讯作者: 陈兵, E-mail: 2269415835@qq.com

基金项目: 宁夏回族自治区重点研发项目(2020BEG03026)

score and mpCTA-based collateral circulation score. Receiver operating characteristic (ROC) curves were performed to analyze and compare the predictive ability of the ColorViz fusion map-based collateral circulation score, mpCTA-based collateral circulation score, and CTPI parameters (low perfusion volume and infarct core volume) for a favorable clinical outcome. **Results:** The correlation analysis results showed that there was strongly positive correlation between ColorViz fusion map-based collateral circulation score and mpCTA-based collateral circulation score ($r=0.856, P<0.001$). ROC curve analysis revealed that ColorViz fusion map-based collateral circulation score, mpCTA-based collateral circulation score and CTPI parameters (low perfusion volume and infarct core volume) had similar predictive power. (AUC were 0.87, 0.86, 0.77 and 0.80, respectively; all $P>0.05$ for pairwise comparison) in terms of predicting good clinical outcomes in patients, even its predictive performance was higher. The consistency of ColorViz fusion map-based collateral circulation score between physicians with the same seniority and between physicians with different seniority was higher than that of mpCTA-based collateral circulation score (weighted Kappa values were 0.90 vs. 0.82 and 0.77 vs. 0.69, respectively). **Conclusion:** The application value of ColorViz fusion map in the early prediction of clinical outcomes of patients with acute ischemic stroke is worthy of recognition, and it may be used as a reliable new method for predicting clinical outcomes of patients in the future.

【Key words】 Acute ischemic stroke; Computed tomography angiography; Collateral circulation; Clinical outcome

缺血性脑卒中具有发病率、致残率和死亡率高等特点,是严重威胁人类生命健康的重大疾病之一,其造成的经济和社会负担仍呈爆发式增长。因此,很有必要对急性缺血性脑卒中患者临床结局进行早期预测,对可能出现不良预后的患者早期进行有针对性的干预治疗^[1-2],以期有更多的患者能够获得良好的临床结局。目前,已有大量研究结果表明多时相 CT 血管成像(multi-phase CT angiography, mpCTA)侧支循环评分和 CT 灌注成像(CTPI)定量参数等基线放射学特征能够对患者临床结局进行有效的早期预测^[3-5]。但是,检查中患者的运动伪影可对 CTP 图像质量产生较明显影响,而且额外的辐射剂量也是一个值得关注的问题^[6-7]。虽然,mpCTA 扫描对运动伪影并不敏感,患者接受的辐射剂量也相对较少^[8],但是采用 mpCTA 进行侧支循环评分时,整个过程较复杂且相对耗时,评分者往往需要具有丰富的诊断经验。因此,在紧急情况下,mpCTA 和 CTPI 可能会受到限制,如何简化操作流程、缩短评判时间以及提高预测因子的诊断效能仍然是当下研究的聚焦点。

近期有研究者应用 GE FastStroke 软件将 mCTA 中在 3 个时相(动脉期、静脉期及静脉晚期)显影的血管分别采用 3 种不同的颜色(红色、绿色及蓝色)进行编码,并进一步融合得到了单一序列的彩色编码图像^[9]。本研究中称之为 ColorViz 融合图。已经有研究结果表明其在患者临床结局的预测方面具有潜在的应用价值^[10],而且较之 mpCTA, ColorViz 融合图具有降低侧支评分难度和节省评分时间等优势^[11]。作为

一种新型侧支循环评分工具,目前关于 ColorViz 融合图在患者临床结局预测方面的应用研究尚较少,其临床应用价值有待进一步研究及验证。因此,本研究旨在初步探讨基于 FastStroke 软件的 ColorViz 融合图在急性缺血性脑卒中患者临床结局预测方面的应用价值及实用性。

材料与方法

1. 一般资料

前瞻性将 2020 年 10 月—2021 年 10 月在宁夏医科大学总医院因急性缺血性脑卒中而急诊入院的患者纳入本研究。纳入标准:①年龄 ≥ 18 岁;②在发病后 24 h 内完成“一站式”CT 扫描,且图像质量清晰;③CTA 显示单侧大脑中动脉(middle cerebral artery, MCA)、颈内动脉(internal carotid artery, ICA)和大脑前动脉(anterior cerebral artery, ACA)三支血管中至少一支有重度狭窄或闭塞。排除标准:①患者的信息不全、检查中配合不佳和图像质量不清晰等;②伴有腔隙性脑梗死;③伴有后循环缺血性脑卒中;④出血性脑卒中;⑤合并严重的心、肝和肾等脏器病变。记录入组患者的年龄、性别、发病危险因素(糖尿病、冠心病、高血压、吸烟等病史)及入院时美国国立卫生研究院脑卒中量表(National Institute of Health Stroke Scale, NIHSS)评分等临床资料。

本研究通过了本院伦理审查委员会审批(伦理编号:2019-426),患者及家属均签署了知情同意书。

2. CT 检查方法

使用 GE Revolution 256 排探测器 CT 扫描仪。所有患者入院时行“一站式”CT 扫描,包括 CT 平扫(non-contrast CT, NCCT)、mpCTA 和 CTPI,并采用多模型自适应迭代(adaptive statistical iterative reconstruction-veo, ASiR-V)图像重建算法^[12],前置 ASiR-V 为 50%,后置 ASiR-V 为 60%。

扫描参数:80 kV,100 mA,0.5 s/r;NCCT 及 CTPI 采用横轴面扫描,mpCTA 采用螺旋扫描(螺距为 0.992);mpCTA 动脉期扫描范围为主动脉弓至颅顶水平,静脉期和静脉晚期仅为全脑扫描,每个期相间隔时间为 8 s。mpCTA 和 CTPI 扫描所用对比剂均为碘普罗胺(370 mg I/mL),选择正常侧肘正中静脉注射对比剂。mpCTA 检查时对比剂注射流率为 4.5 mL/s,随后以相同的流率注射 35 mL 生理盐水,采用阈值自动触发技术,监测点选择降主动脉,感兴趣区面积占血管横截面面积的 1/3~1/2,阈值设置为 100 HU,达到阈值后延迟 4.0 s 开始扫描,总扫描时间约 21.0 s;CTPI 扫描时对比剂注射流率为 5.0 mL/s,随后以相同流率注射 50 mL 生理盐水,采用人工触发技术,总扫描时间约 51.0 s。

3. mpCTA 及 ColorViz 融合图侧支循环评分

mpCTA 侧支循环评分采用 Menon 等^[8]提出的 6 级评分量表:5 分,与无症状侧半球相比,有症状半球缺血区域内脑血管强化无明显延迟,血管数量正常或增加;4 分,有症状半球缺血区域内脑血管强化有一个期相的延迟,但血管的亮度和数量相同;3 分,有症状半球缺血区域内脑血管强化有两个阶段的延迟,但血管的亮度和数量相同或有一个期相的延迟,缺血区域的血管数量显著减少;2 分,有症状半球缺血区域内脑血管强化有两个期相的延迟,血管的亮度和数量减少,或有一个期相的延迟且一些缺血区域内未见血管影;1 分,有症状半球缺血区域内任何期相都可见少数血管;0 分,有症状半球缺血区域内任何期相均未见血管显影。在相同重建层厚(0.625 mm)的横轴面 MIP 重组图像上进行评估。ColorViz 融合图由 GE Fast-Stroke 软件自动后处理后获得。

ColorViz 融合图侧支循环评分是基于彩色编码图上的血管数量和颜色,并借鉴了 mpCTA 侧支循环评分方法^[8],采用的也是 6 级评分量表,详细评分标准为:5 分,与无症状侧半球相比,患侧半球缺血区域血管数量正常或增加,血管颜色均为红色;4 分,患侧半球缺血区域血管数量正常或稍减少($<10\%$),血管颜色绝大多数为红色,少数为绿色;3 分,患侧半球缺血区域血管数量正常或稍减少($<10\%$)、可见红色、绿色和蓝色血管,或患侧半球缺血区域血管数量中等程度的减少($10\% \sim 50\%$)、血管颜色为红色和/或绿色;

2 分,患侧半球缺血区域血管数量中等程度的减少($10\% \sim 50\%$)、可见红色、绿色和蓝色血管,或患侧半球缺血区域血管数量明显减少($>50\%$)、血管颜色均为红色;1 分,患侧半球缺血区域血管数量明显减少($>50\%$)、可见红色、绿色和蓝色血管;0 分,患侧半球缺血区域内未见任何血管显影。

mpCTA 及 ColorViz 融合图侧支循环评分由两位具有 9 年工作经验的副主任医师独立进行,记录两者的评分结果。然后,对意见不一致的情况进行协商并达成一致意见,以此次评分的结果作为最终的侧支循环评分进行后续分析。另外选择一位具有 2 年工作经验的住院医师独立对 mpCTA 图像及 ColorViz 融合图上侧支循环情况进行评分。在图像分析过程中评分者均不知晓患者的基线资料和临床结局等信息。

4. CTP 图像的后处理及分析

分别使用 GE CT-Prefusion 4D 软件(Health-care, Milwaukee, WI, USA)和数坤科技脑灌注智能分析系统(CTP-Doc, 2.0 版)对 CTP 图像进行后处理,自动生成脑血流量(CBF)、残余功能达峰时间($T_{\max}$)等定量参数图。随后以 $T_{\max}$ 的绝对值 >6 s 定义低灌注区域^[13],以 CBF 小于对侧的 30% 定义梗死核心区^[14],对患者的低灌注区的体积和梗死核心区的体积进行定量分析。

5. 随访情况

所有入组患者在发病后 90 天,由一位具有 3 年工作经验的神经内科住院医师在门诊或采用电话随访的方式进行改良 Rankin 量表(modified Rankin scale, mRS)评分。mRS 评分 ≤ 2 为预后良好, >2 为预后不良。随访医师对基线临床和影像学资料等不知情。

6. 统计学分析

使用 SPSS 26.0 和 MedCalc 19.6 软件进行统计学分析。采用 Shapiro-Wilk 检验对计量资料进行分析,结果显示本研究中所有计量资料呈非正态分布,故采用中位数和上、下四分位数间距($Q1 \sim Q3$)的形式来描述;分类资料采用频率和百分比表示。分别采用 Mann-Whitney U 检验和 Fisher 精确检验对计量资料和分类资料进行组间比较,各位医师间评分的一致性采用线性加权 Kappa 检验(weighted kappa 值 ≥ 0.75 为一致性良好, $0.4 < \text{weighted kappa 值} < 0.75$ 为一致性中等,weighted kappa 值 ≤ 0.4 为一致性较差)。采用 Spearman 相关性分析评估 ColorViz 融合图与 mpCTA 侧支循环评分之间的相关关系($r \geq 0.8$ 为极强相关, $0.8 > r > 0.6$ 为强相关, $0.6 \geq r > 0.4$ 为中等相关, $r \leq 0.4$ 为弱相关)。采用受试者工作特征(ROC)曲线分析 ColorViz 融合图和 mpCTA 侧支循环评分、低灌注体积及梗死核心体积对患者良好临床结局的预

测效能,根据最大化约登指数来确定最佳临界值,并采用 Delong 检验比较四项参数的曲线下面积(AUC)的差异。以 $P<0.05$ 为差异具有统计学意义。

结 果

1. 基本资料统计

30 例卒中患者中,女 10 例,男 20 例;年龄 41~86 岁,中位年龄 66 岁;入院时 NIHSS 评分的中位数为 4 分(Q1~Q3 为 3~9 分);病变位于 MCA 19 例(63.4%),ACA 2 例(6.7%),ICA 7 例(23.2%),ICA+MCA 2 例(6.7%)。5 例患者接受了静脉溶栓治疗,7 例接受了动脉取栓治疗,4 例接受了桥接治疗,其余 14 例仅接受了基础药物治疗。

基于 ColorViz 融合图和 mpCTA 的侧支循环评分结果见表 1。基于 ColorViz 融合图和 mpCTA 的侧支循环评分的中位数均为 3 分(Q1~Q3 分别为 3~4 分和 2~4 分)。CTPI 分析结果显示低灌注体积和梗死核心体积的中位数分别为 87.4 和 24.0 mL(Q1~Q3 分别为 51.9~148.4 和 12.0~44.7 mL)。

表 1 ColorViz 融合图和 mpCTA 侧支循环评分结果

侧支循环评分	例数	
	ColorViz 融合图	mpCTA-MIP 图
5	5(16.7%)	7(23.3%)
4	9(30.0%)	7(23.3%)
3	8(26.7%)	10(33.3%)
2	5(16.7%)	5(16.7%)
1	3(10.0%)	1(3.3%)
0	0(0.0%)	0(0.0%)

2. 相关性分析

Spearman 相关性分析结果显示,基于 ColorViz 融合图和 mpCTA 的侧支循环评分之间具有极强的相关性($r=0.856, P<0.001$;图 1~2)。

3. ROC 曲线分析

四项基线放射学特征预测急性卒中患者临床结局的 ROC 曲线分析结果见表 2 和图 3。ColorViz 融合图侧支循环评分 >3 、mpCTA 侧支循环评分 >3 、低灌注体积 ≤ 96.9 mL 及梗死核心体积 ≤ 26.2 mL 为预测患者良好临床结局的最佳临界值(典型病例见图 1~2),相应的 AUC 分别为 0.87(95%CI:0.69~0.96)、

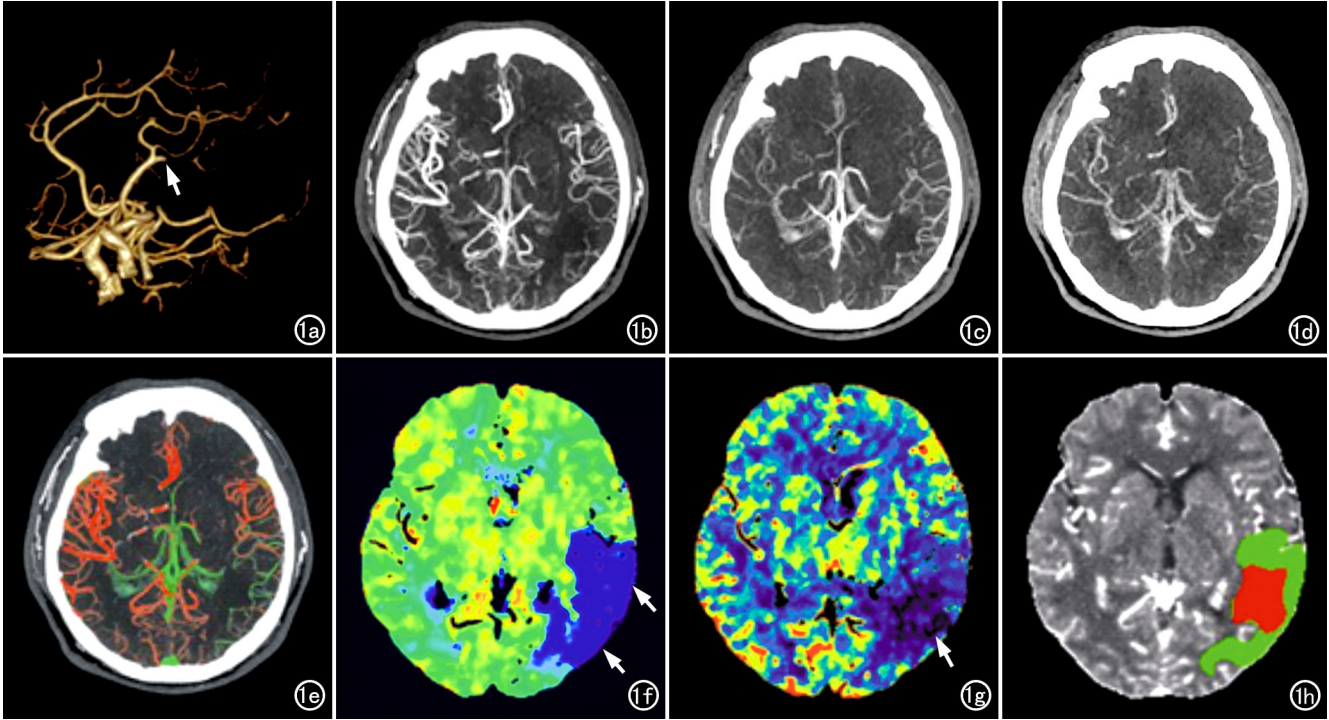


图 1 急性缺血性脑卒中患者,男,58 岁,发病后 90 天 mRS 评分为 2 分。a)动脉期 VR 重组图像,显示左侧大脑中动脉 M2 段闭塞(箭);b~d)分别为动脉期、静脉期及静脉晚期 MIP 图,显示与正常侧半球相比,患侧缺血区域内血管的充盈有一定的延迟,但血管数量的减少不明显,侧支循环评分为 4 分;e)ColorViz 融合图,显示患侧缺血区域血管数量稍减少($<10\%$),缺血区域内可见红色和绿色血管,但大多数血管呈红色,侧支循环评分为 4 分;f) $T_{\max}$ 伪彩图,显示左侧大脑半球内蓝色区域为残余功能达峰时间明显延长区(箭);g)CBF 伪彩图,显示左侧大脑半球内黑色和深紫色区域为脑血流量明显减低区(箭),其范围与 $T_{\max}$ 伪彩图上的蓝色区域的范围不一致;h)CBF 与 $T_{\max}$ 不匹配图,绿色区域为 $T_{\max}$ 的绝对值 >6 s 的区域,代表低灌注区域(体积为 109.3mL),红色区域为 CBF 小于对侧 30%的区域,代表梗死核心区域(体积为 24.3mL),二者范围不匹配。

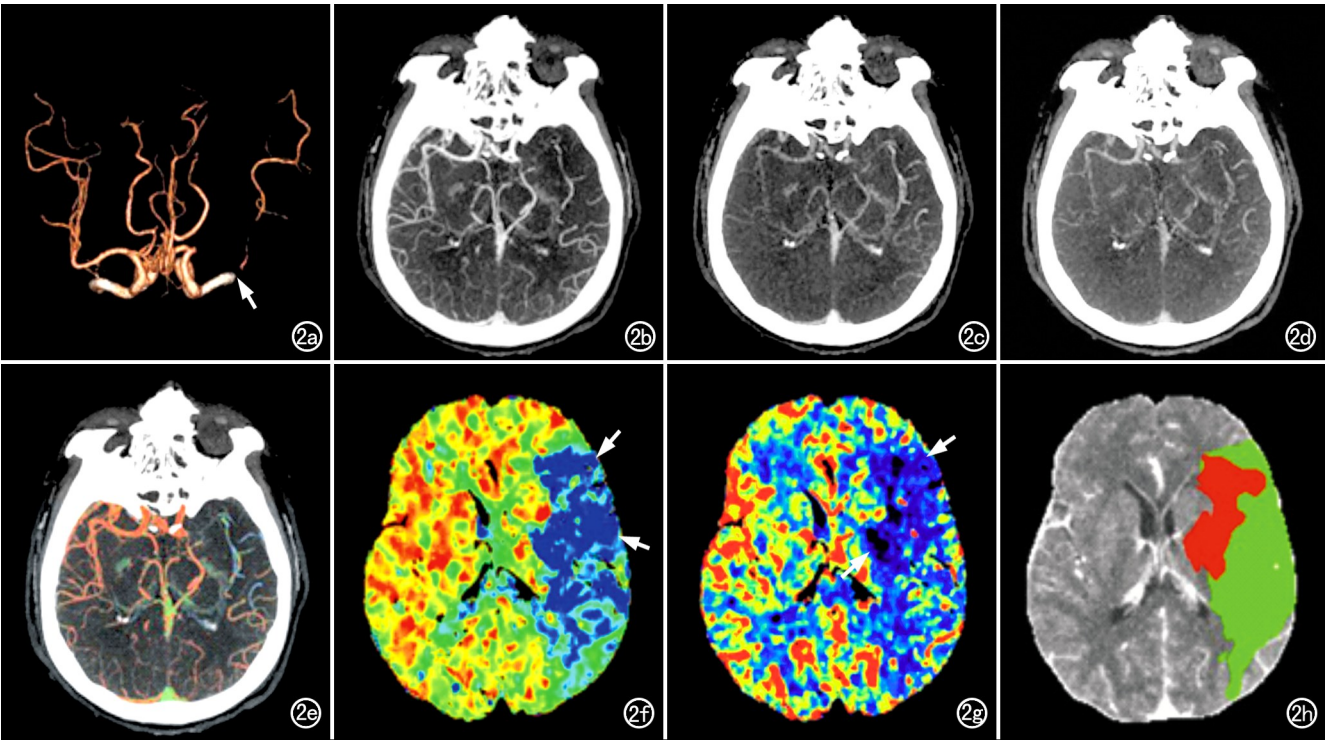


图 2 急性缺血性脑卒中患者,女,62 岁,发病后 90 天 mRS 评分为 3 分。a)动脉期 VR 重组图像,显示左侧大脑中动脉 M2 段闭塞(箭);b~d)分别为动脉期、静脉期及静脉晚期 MIP 图,显示与正常侧半球相比,患侧缺血区域内脑血管充盈有一定的延迟,且血管数量明显减少,侧支循环评分为 3 分;e)ColorViz 融合图,显示患侧缺血区域血管数量明显减少(10%~50%),缺血区域内可见红色、绿色和蓝色血管,侧支循环评分为 2 分;f) $T_{\max}$ 伪彩图,显示左侧大脑半球的蓝色区域为残余功能达峰时间明显延长区(箭);g)CBF 伪彩图,显示左侧大脑半球的黑色及部分深蓝色区域为脑血流量明显减低区(箭),其范围与 $T_{\max}$ 伪彩图上显示的蓝色区域的范围不一致;h)CBF 与 $T_{\max}$ 不匹配图,绿色区域为 $T_{\max}$ 的绝对值 $>6s$ 的区域,代表低灌注区域(体积为 173.6mL),红色区域为 CBF 小于对侧 30% 的区域,代表梗死核心区域(体积为 54.9mL),二者范围不匹配。

0.86(95%CI:0.68~0.96)、0.77(95%CI:0.58~0.90)和 0.80(95%CI:0.62~0.92)。

DeLong 检验结果显示,四项基线放射学特征之间 AUC 的差异无统计学意义($P>0.05$)。

4. 评分者间的一致性分析

ColorViz 融合图侧支循环评分在同等年资诊断医师间及不同年资医师间的一致性均好于 mpCTA 侧支循环评分,尤其是在不同年资医师之间,详细结果见表 3~4。

讨 论

本研究初步结果显示,在早期预测患者临床结局

表 3 两位同等年资医师间侧支循环评分的一致性分析

图像类型	高年资 医师 A	高年资 医师 B	加权 Kappa 值	95%CI
ColorViz 融合图	3(2~4)	3(2~4)	0.90	0.80~0.99
mpCTA	3(3~4)	4(3~4)	0.82	0.70~0.94

表 4 不同年资医师间侧支循环评分的一致性分析

图像类型	高年资 医师 [#]	低年资 医师	加权 Kappa 值	95%CI
ColorViz 融合图	3(2~4)	3(2~4)	0.77	0.63~0.91
mpCTA	3(3~4)	3(2~4)	0.69	0.52~0.87

注:[#]高年资医师侧支循环评分是高年资医师 A 和 B 协商达成一致后的结果。

方面,ColorViz 融合图侧支循环评分具有与 mpCTA 侧支循环评分、低灌注体积及梗死核心体积相媲美的

表 2 基线影像特征的 ROC 曲线分析结果

影像特征	AUC		约登 指数	截断值	敏感度		特异度	
	均值	95% CI			均值	95% CI	均值	95% CI
ColorViz 融合图评分	0.87	0.69~0.96	0.61	3	75.00%	47.6%~92.7%	85.71%	57.2%~98.2%
mpCTA 评分	0.86	0.68~0.96	0.61	3	75.00%	47.6%~92.7%	85.71%	57.2%~98.2%
低灌注体积	0.77	0.58~0.90	0.59	96.9mL	87.50%	61.7%~98.4%	71.43%	41.9%~91.6%
梗死核心体积	0.80	0.62~0.92	0.66	26.2mL	87.50%	61.7%~98.4%	78.57%	49.2%~95.3%

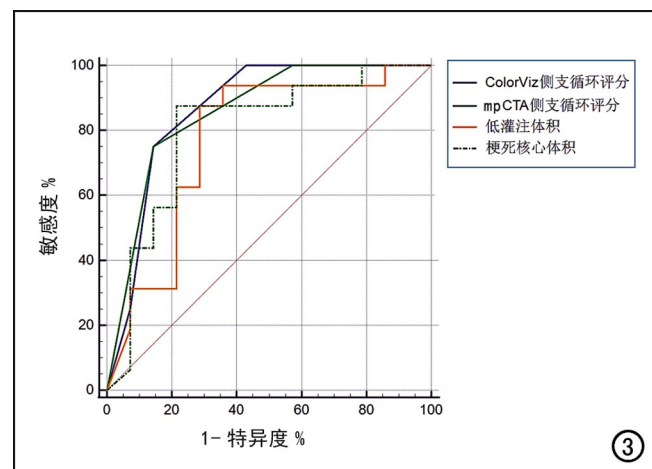


图3 四种基线放射学特征预测患者良好临床结局的ROC曲线,显示4种特征的AUC均较大,提示预测效能均较高。

预测能力,甚至预测效能更高。而且,ColorViz融合图侧支循环评分与mpCTA侧支循环评分之间具有极强的相关性。此外,ColorViz融合图侧支循环评分在评分者间的一致性好于mpCTA侧支循环评分,尤其是在不同年资医师之间。

目前,mpCTA和CTPI检查被推荐为急性缺血性脑卒中患者“组织窗”评估的主要成像方法^[2,15],在患者救治过程中承担着相当重要的作用^[16],其应用价值和临床实用性已经得到了肯定^[17-18],在患者临床结局早期预测方面的应用价值也被一致认可^[4,19-20],但是两者亦存在明显不足之处。因此,Ospel等^[9]提出了一种新型的侧支评分工具——ColorViz融合图,以期能够更好地早期预测患者的临床结局。

已有研究者对ColorViz融合图与mpCTA侧支循环评分之间的相关性进行了分析,结果显示两者之间的相关性很好^[11]。本研究也得出了一致的结论,表明ColorViz融合图能够提供三个期相CTA图像中侧支血管数量及充盈动态等完整信息,在侧支循环评价方面具有较高的可靠性。本研究中发现,与传统mpCTA的灰阶图像相比,ColorViz融合图使得在不同期相显影的血管在视觉上更具辨识度,而且该软件能够在5~10 s内完全自动化后处理得到ColorViz融合图,观察者只需对此单一序列的图像进行观察即可对完成对侧支循环情况的评估,不仅简化了操作流程,节省了评判时间,而且提高了对侧支循环评价的准确性。急性缺血性脑卒中患者往往情况很紧急,但是急诊一线值班人员往往是低年资医师,迅速且准确地评估侧支循环对于他们而言尚有一定难度,这是临床实际工作中一个亟待解决的问题。本研究结果显示,基于ColorViz融合图的侧支循环评分在同同年资诊断

医师之间以及不同年资医师之间的一致性均好于传统的mpCTA,尤其是在不同年资医师间(weighted kappa值为0.77),这也与现有研究结论一致^[21]。因此,ColorViz融合图使得低年资医师快速、准确地评估侧支循环成为可能。

目前,已经有研究结果表明在急性缺血性脑卒中患者临床结局早期预测方面,ColorViz融合图侧支循环评分的预测效能与mpCTA和CTPI相似甚至更好^[10,21-22]。本研究得出了与上述研究一致的结论,这表明ColorViz融合图有可能提高对患者临床结局预测的准确性,也进一步肯定了其在患者临床结局预测方面的应用价值。本研究中,ColorViz融合图侧支循环评分的AUC稍高于mpCTA,说明ColorViz融合图不仅能够完整重现mpCTA的图像信息,而且可显示mpCTA图像上往往被观察者忽视或者不易被观察到的有价值的信息。本研究中对四项影像学特征的AUC进行了比较,CTPI定量参数(尤其是低灌注体积)的AUC相对较低。Lin等^[21]也得出了类似的结论,他们认为可能是由基线时疾病严重程度、发病至CT扫描时间以及发病至干预时间的异质性等原因所导致的。笔者认为除上述原因之外,可能的原因还有:低灌注体积容易受到治疗方式、再灌注情况、甚至个体间脑血流代偿能力的差异等诸多因素的影响,因此一直处于动态变化中,且CT扫描是瞬时完成的,准确地说只能反映某一时刻受检者的低灌注区域的体积,所以导致其对患者功能结局的预测效能较低。

本研究的局限性:首先,本研究是小样本研究,尤其是缺失侧支循环评分为0分的病例,虽然得出的相关结论与已有研究基本一致,但是仍然需要大样本及多中心研究进行进一步检验和验证。其次,虽然本研究是前瞻性研究,且有一位医师的侧支循环评分是在急诊状态下得出的,但还是不能完全真实地反映急诊状态下的临床实用性。另外,虽然本研究得出的结论基本都是积极的,但是并没有对入院时间、扫描开始时间及干预开始时间等进行详细的分组研究,但是这确实是可能影响研究结果的可信度及可推广性的因素。

总之,本研究表明ColorViz融合图在急性缺血性脑卒中患者临床结局早期预测方面的临床应用价值值得肯定,将来或可作为一种可靠的新方法,用于患者临床结局的早期预测。

参考文献:

- [1] 《中国脑卒中防治报告2019》概要[J].中国脑血管病杂志,2020,17(5):272-281.
- [2] 彭斌,吴波.中国急性缺血性脑卒中诊治指南2018[J].中华神经科杂志,2018,51(9):666-682.
- [3] Seners P, Oppenheim C, Turc G, et al. Perfusion imaging and clinical

- cal outcome in acute ischemic stroke with large core[J]. *Ann Neurol*, 2021, 90(3): 417-427.
- [4] Wang Z, Xie J, Tang T, et al. Collateral status at single-phase and multiphase CT angiography versus CT perfusion for outcome prediction in anterior circulation acute ischemic stroke[J]. *Radiology*, 2020, 296(2): 393-400.
- [5] Lu S, Zhang X, Xu X, et al. Comparison of CT angiography collaterals for predicting target perfusion profile and clinical outcome in patients with acute ischemic stroke[J]. *Eur Radiol*, 2019, 29(9): 4922-4929.
- [6] 陈鹏军, 林桂涵, 卢陈英, 等. 低剂量双源 CT 颅脑灌注成像在超急性期脑梗死中的诊断价值[J]. *中华放射学杂志*, 2020(2): 112-118.
- [7] Yabuuchi H, Kamitani T, Sagiya K, et al. Clinical application of radiation dose reduction for head and neck CT[J/OL]. *Eur J Radiol*, 2018, 107: e209-e215. [Epub 2018 Aug 24]. DOI: 10.1016/j.ejrad.2018.08.021.
- [8] Menon BK, d'Este CD, Qazi EM, et al. Multiphase CT angiography: a new tool for the imaging triage of patients with acute ischemic stroke[J]. *Radiology*, 2015, 275(2): 510-520.
- [9] Ospel JM, Volny O, Qiu W, et al. Displaying multiphase CT angiography using a time-variant color map: practical considerations and potential applications in patients with acute ischemic stroke[J]. *AJNR Am J Neuroradiol*, 2020, 41(2): 200-205.
- [10] Pilato F, Verdolotti T, Calandrelli R, et al. Color-coded multiphase computed tomography angiography may predict outcome in anterior circulation acute ischemic stroke[J/OL]. *J Neurol Sci*, 2021, 430: e119989. [Epub 2021 Sep 16]. DOI: 10.1016/j.jns.2021.119989.
- [11] Verdolotti T, Pilato F, Cottonaro S, et al. ColorViz, A new and rapid tool for assessing collateral circulation during stroke[J/OL]. *Brain Sci*, 2020, 10(11): e882. DOI: 10.3390/brainsci10110882.
- [12] Euler A, Solomon J, Marin D, et al. A third-generation adaptive statistical iterative reconstruction technique: Phantom study of image noise, spatial resolution, lesion detectability, and dose reduction potential[J]. *AJR*, 2018, 210(6): 1301-1308.
- [13] Maarten GL, Matus S, Stephanie K, et al. MRI profile and response to endovascular reperfusion after stroke (DEFUSE 2): a prospective cohort study[J]. *Lancet Neurol*, 2012, 11(10): 860-867.
- [14] Sallustio F, Motta C, Pizzuto S, et al. CT angiography ASPECTS predicts outcome much better than noncontrast CT in patients with stroke treated endovascularly[J]. *AJNR*, 2017, 38(8): 1569-1573.
- [15] Warner JJ, Harrington RA, Sacco RL, 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[J]. *Stroke*, 2019, 50(12): 3331-3332.
- [16] 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(8): 708-718.
- [17] 国家卫生健康委员会脑卒中防治工程委员会神经影像专业委员会, 中华医学会放射学分会神经学组. 脑血管病影像规范化应用中国指南[J]. *中华放射学杂志*, 2019, 53(11): 916-940.
- [18] 孙凤涛, 张厚宁, 禹璐, 等. 多模式 CT 检查在缺血性脑卒中侧支循环评估中的价值[J]. *放射学实践*, 2021, 36(5): 584-589.
- [19] 朱杰, 王浩, 胡文娟, 等. 一站式动态 CTA 结合 CTP 评估单侧大脑中动脉闭塞患者预后的价值[J]. *放射学实践*, 2021, 36(9): 1074-1080.
- [20] Campbell B, Henry M, Ringleb PA, et al. Extending thrombolysis to 4.5-9h and wake-up stroke using perfusion imaging: a systematic review and meta-analysis of individual patient data[J]. *Lancet*, 2019, 394(10193): 139-147.
- [21] Lin Y, Kang N, Kang J, et al. Predictive value of time-variant color-coded multiphase CT angiography (mCTA) regarding clinical outcome of acute ischemic stroke: in comparison with conventional mCTA and CT perfusion[J]. *Acta Radiol*, 2022, 63(1): 84-92.
- [22] Johanna MO, Petra C, Ondrej V, et al. Utility of time-variant multiphase CTA color maps in outcome prediction for acute ischemic stroke due to anterior circulation large vessel occlusion[J]. *Clin Neuroradiol*, 2020, 31(3): 783-790.

(收稿日期: 2022-03-11 修回日期: 2022-07-19)