

多时相 CT 血管成像彩色编码图评估急性缺血性脑卒中临床预后的价值

任涛, 刘松, 杨天昊, 田超

【摘要】 目的:探讨多时相 CT 血管成像(mCTA)彩色编码图在急性缺血性脑卒中(AIS)临床预后评估中的价值。**方法:**回顾性分析本院收治的前循环 AIS 患者的临床及影像学资料,根据患者 90 d 的改良 Rankin 评分量表(mRS)结果分为预后良好组(91 例, mRS<3 分)和预后不良组(86 例, mRS≥3 分)。采用 3 分法评估常规 mCTA 侧支循环评分、彩色编码图侧支循环评分(包括侧支血管充盈的延迟程度、侧支血管的分布范围评分及总评分),采用 χ^2 或 Fisher 确切检验比较分析两组间常规 mCTA 侧支循环评分、彩色编码图侧支循环评分的差异,采用 Mann-Whitney U 检验比较两组间 CT 灌注成像(CTP)缺血区体积、梗死核心区体积的差异,采用受试者操作特征曲线(ROC)分析 CT 各参数对 AIS 患者临床预后的诊断价值,并进行多因素 Logistic 回归分析,确定各参数对 AIS 患者临床预后的影响。**结果:**CT 各参数在两组间均具有明显统计学差异($P<0.05$),预后良好组有更好的侧支循环及更小的缺血和梗死核心区体积。ROC 结果显示彩色编码图侧支循环评分对患者临床预后的诊断价值与常规 mCTA 相似或更高,侧支血管充盈的延迟程度评分(AUC=0.67)与 CTP 缺血(AUC=0.74)和梗死核心区体积(AUC=0.75)的诊断价值相当($Z=1.552, P=0.121; Z=1.606, P=0.108$)。Logistic 回归分析显示侧支血管充盈的延迟程度评分及梗死核心区体积是患者预后的影响因素[OR 值(95%CI) 2.39(1.03~5.52), $P=0.039$; OR 值(95%CI) 3.88(1.86~8.10), $P<0.001$]。**结论:**mCTA 彩色编码图对预测 AIS 患者 90 d 的临床预后具有较高价值,侧支血管充盈的延迟程度评分是 AIS 患者预后的影响因素,且与常规 mCTA 和 CTP 相比,可以获得相似或更好的诊断效能。

【关键词】 急性卒中;CT 血管造影术;侧支循环;预后

【中图分类号】 R743;R814.4;R331.37;R449 **【文献标识码】** A

【文章编号】 1000-0313(2024)10-1311-08

DOI:10.13609/j.cnki.1000-0313.2024.10.006

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



The value of color-coded multiphase CT angiography in assessing clinical outcome of acute ischemic stroke

REN Tao, LIU Song, YANG Tian-hao, et al. Department of Radiology, Tianjin Huanhu Hospital, Tianjin Key Laboratory of Cerebrovascular and Neurodegenerative Disease, Tianjin 300350, China

【Abstract】 Objective: To explore the value of color-coded multiphase CT angiography (mCTA) in assessing clinical outcome of acute ischemic stroke (AIS). **Methods:** The clinical data and imaging data of anterior circulation AIS patients were analyzed retrospectively. The patients were divided into a good prognosis group (91 cases, mRS<3 points) and a poor prognosis group (86 cases, mRS ≥3 points) based on the 90 day modified Rankin scale (mRS) results. Collateral status score of the conventional mCTA, color-coded mCTA (including collateral filling dynamics score, extent score and common score) which was assessed by a 3-point scale. The differences of the collateral status score of the conventional mCTA, color-coded mCTA were compared by χ^2 or Fisher exact test between the two groups. The differences of the volume of ischemic and infarct core which derived from CT perfusion (CTP) were compared by Mann-Whitney U between the two groups. The diagnostic value of CT parameters on the clinical prognosis of AIS patients were analyzed by receiver operating characteristic curve (ROC). The impact of each parameter on the clinical prognosis of AIS patients was analyzed by

作者单位:300350 天津市环湖医院、天津市脑血管与神经变性重点实验室,医学影像科 CT 室

作者简介:任涛(1989-),女,山西阳高人,研究生,主治医师,主要从事中枢神经系统疾病影像学诊断。

通讯作者:田超, E-mail: medtian@126.com

基金项目:天津市卫生健康科技项目青年项目(TJWJ2022QN061)

multivariate Logistic regression analysis. **Results:** CT parameters were significant statistical differences between two groups ($P < 0.05$). A better collateral status score, a lower volume of ischemic and infarct core in the good prognosis group were found. The ROC results showed that the diagnostic value of the color-coded mCTA score was similar to or higher than that of conventional mCTA score on the clinical prognosis of patients. And the collateral filling dynamics score ($AUC = 0.67$) in predicting clinical prognosis is similar to the volume of ischemic ($AUC = 0.74$) and infarct core ($AUC = 0.75$) which derived from CTP ($Z = 1.552, P = 0.121; Z = 1.606, P = 0.108$). Logistic regression analysis showed that the collateral filling dynamics score and volume of infarct core are factors of clinical prognosis for patients [$OR(95\%CI) 2.39(1.03 \sim 5.52), P = 0.039; OR(95\%CI) 3.88(1.86 \sim 8.10), P < 0.001$]. **Conclusion:** The color-coded mCTA provide a high value in predicting the clinical prognosis of AIS patients on 90 days. The collateral filling dynamics score is a factor of clinical prognosis for patients, and it can achieve similar to or better diagnostic efficacy when compared with conventional mCTA and CTP.

【Key words】 Acute strokes; CT angiography; Collateral circulation; Prognosis

急性缺血性脑卒中 (acute ischemic stroke, AIS) 是一种致死率高、死亡率高的急性脑血管疾病, 其中 55%~75% 是由颅内大血管重度狭窄或闭塞所致, 并由此产生脑组织缺血缺氧性坏死, 进而出现神经功能障碍^[1]。既往研究表明患者临床预后与侧支循环的情况有关^[2,3]。CT 血管成像 (CT angiography, CTA) 和 CT 灌注成像 (CT perfusion, CTP) 作为评估侧支血管充盈状态和低灌注脑组织的成像技术, 在指导再灌注治疗以及预测治疗效果方面具有重要作用^[4-6]。而多时相 CTA (multiphase CTA, mCTA) 是一种具有时间分辨力的脑血管成像技术, 对 AIS 侧支循环的评估更为精确^[7]。然而, 常规 mCTA 是由分别重建的动脉期、静脉期和静脉晚期 3 个时相的最大密度投影 (maximum intensity projection, MIP) 图像组成, 医师评估侧支循环时需要同时阅读 3 组图像, 因此, 常规 mCTA 的结果解读需要一定的经验。通过后处理软件可将常规 mCTA 的 3 个时相的脑血管灰度图融合, 生成 1 组彩色编码图, 同时反映血管中对对比剂的延迟时间和充盈范围, 使对侧支循环的评估更为简明快捷^[8]。目前, 鲜有运用 mCTA 彩色编码图评估 AIS 临床预后的相关报道。因此本研究的主要目的是探讨 mCTA 彩色编码图在 AIS 临床预后评估中的价值。

材料与方法

1. 一般资料

回顾性分析 2020 年 4 月—2022 年 12 月本院收治的 201 例前循环 AIS 患者的临床及影像学资料, 其中临床资料包括患者性别、年龄、入院美国国立卫生研究院卒中量表 (National Institute of Health stroke scale, NIHSS) 评分、高血压病史、糖尿病史、高脂血症史、冠心病史、房颤史、吸烟史、饮酒史、是否接受血管

内介入治疗。研究通过本院伦理委员会的批准。

2. 纳入及排除标准

纳入标准: 患者临床项目检查结果均符合《中国急性缺血性脑卒中诊治指南 2018》^[9] 中 AIS 的诊断标准; 患者年龄 18~90 岁; 患者症状出现后 6~24 h 内进行头颅平扫 CT、mCTA 及 CTP 检查; 患者为单侧血管 (颈内动脉末端、大脑中动脉 M1 或 M2 段) 重度狭窄或闭塞^[8]; 患者临床资料及 90 d 随访资料完整。

排除标准: 复发性卒中或后循环卒中患者; 合并脑出血、脑肿瘤或颅脑损伤患者; 经临床及 CTA 证实的由动脉炎、烟雾病、系统性红斑狼疮等引起的脑卒中; 图像质量差不能完成影像评价的患者。

3. 影像学检查方法

所有患者均采用 256 排螺旋 CT (Revolution, GE, 美国) 进行 mCTA、CTP 一站式检查。于肘静脉经高压注射器 (Ulrich, 德国) 注射非离子对比剂 (碘克沙醇 350 mg I/mL) 45 mL, 随后注射生理盐水 30 mL, 流率 5 mL/s。团注跟踪触发监测层面设置在升主动脉, 扫描参数: 管电压 100 kV, 管电流 445 mA, 层厚 0.625 mm, 自适应性统计迭代重建为 60%, FOV 250 mm×250 mm, 矩阵 512×512。扫描分 3 个时相, 第 1 时相为动脉期, 扫描范围为主动脉弓至颅顶, 分别间隔 8 s 后, 进行静脉期及静脉晚期的扫描, 扫描范围为颅底至颅顶。

在 mCTA 扫描完成后间隔 5 min 进行全脑 CTP 扫描, 注射对比剂 40 mL, 随后注射生理盐水 30 mL, 流率 5 mL/s。扫描参数: 管电压 80 kV, 管电流 280 mA, 层厚 5 mm, FOV 250 mm×250 mm, 矩阵 512×512。

4. 图像处理及分析

扫描完成后将 mCTA 原始图像自动上传至 AW

4.7 后处理工作站,利用血管分析处理软件进行 MIP、曲面重建、容积再现等后处理,利用 FastStroke 快速脑卒中分析软件包处理常规 mCTA 及重建出彩色编码图。首先采用盲法由两名 10 年和 7 年工作经验的放射科医师分别对患者的 mCTA 图像进行分析,并采用 3 分法分别评估患者的常规 mCTA 及彩色编码图的侧支循环评分;然后对于评分存在分歧的图像,经两人协商后最终给出一致的评分用于后续的分析。侧支

循环评分标准如图 1 所示。

常规 mCTA 的侧支循环评估是在 3 个时相的轴面 MIP 图像中依据侧支充盈的延迟程度和血管分布的范围进行^[10],评分标准如下:1. 侧支循环不良:与无症状的对侧大脑半球相比,闭塞动脉供血区域内任何时相均无或仅有少量的血管显影;2. 侧支循环中等:与无症状的对侧大脑半球相比,闭塞动脉远端血管显影延迟 2 个时相,或缺乏 1 个时相,缺血区域内只有很少

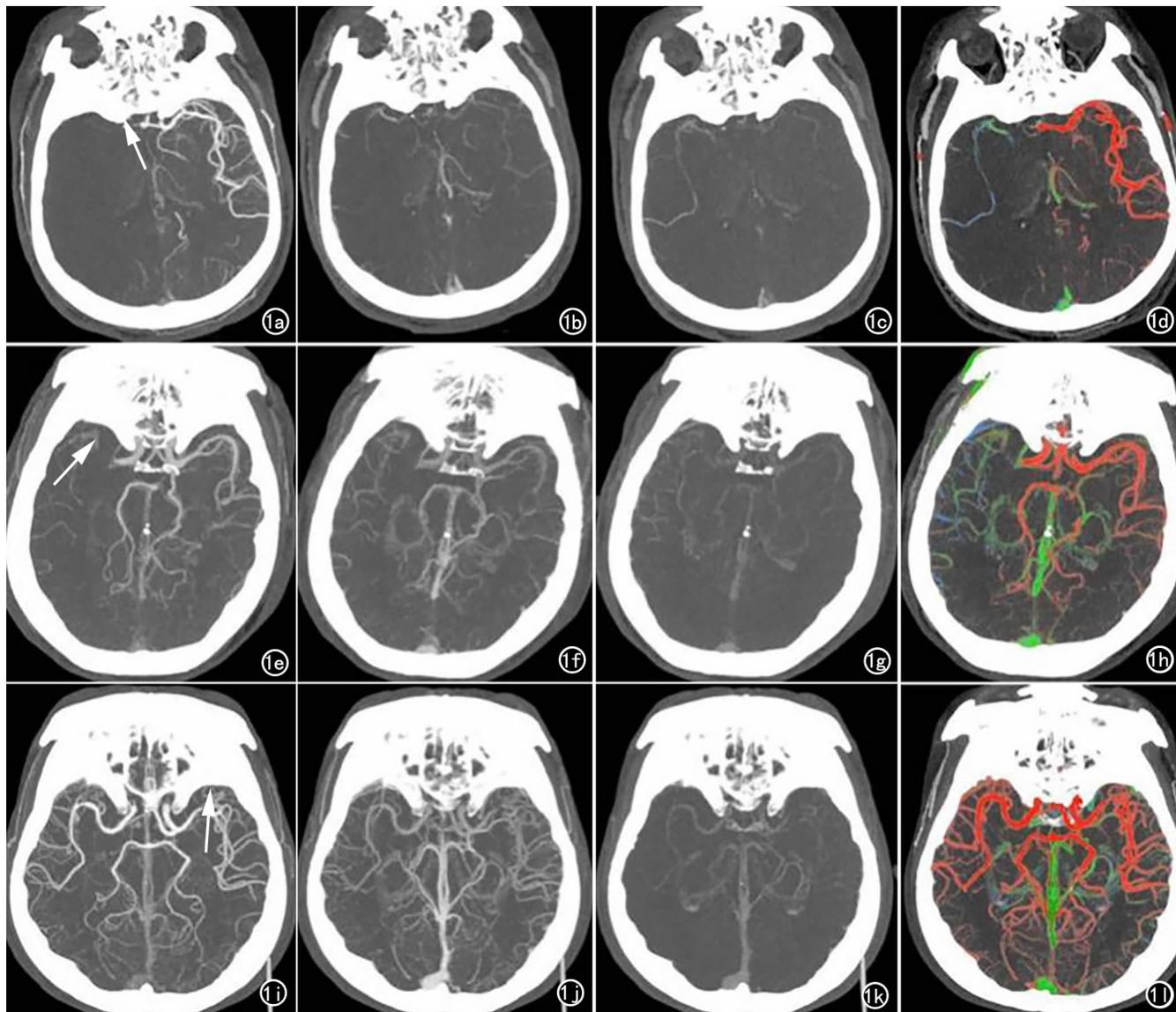


图 1 常规 mCTA 以及彩色编码图侧支循环评分标准示意图。a~d 右侧颈内动脉末端闭塞(箭)的患者,与无症状的左侧大脑半球相比,右侧大脑半球在动脉期(a)、静脉期(b)和静脉晚期(c)均仅有少量的血管显影,在彩色编码图(d)中仅有少量血管显影,且充盈延迟 2 个时相(常规 mCTA、彩色编码图侧支血管充盈的延迟程度评分、侧支血管的分布范围评分及总评分分别为 1、3、3、6 分); e~h 右侧大脑中动脉 M1 段闭塞(箭)的患者,与无症状的左侧大脑半球相比,右侧大脑半球闭塞动脉远端血管在动脉期(e)、静脉期(f)和静脉晚期(g)显影延迟 2 个时相,在彩色编码图(h)中大多数侧支血管充盈延迟 1 个时相,且闭塞血管区域内的血管分布范围为 50%~90%(常规 mCTA、彩色编码图评分分别为 2、2、2、4 分); i~l 左侧大脑中动脉 M1 段闭塞(箭)的患者,与无症状的右侧大脑半球相比,左侧大脑半球闭塞动脉远端血管在动脉期(i)、静脉期(j)和静脉晚期(k)显影延迟 1 个时相,血管数量增加,在彩色编码图(l)中大多数侧支血管充盈无延迟,且闭塞血管区域内的血管分布范围接近正常(常规 mCTA、彩色编码图评分分别为 3、1、1、2 分)。

或无血管显影;3. 侧支循环良好:与无症状的对侧大脑半球相比,闭塞动脉远端血管显影无延迟,或延迟 1 个时相,血管数量相同或增加。彩色编码图的侧支循环是在轴面的彩色编码 MIP 图像中分别评估侧支血管充盈的延迟程度和侧支血管的分布范围^[11],评分标准如下。

侧支血管充盈的延迟程度评分:1. 闭塞血管区域内大多数侧支血管充盈无延迟(大多数血管显示为红色);2. 闭塞血管区域内大多数侧支血管充盈延迟 1 个时相(大多数血管显示为绿色);3. 闭塞血管区域内大多数侧支血管充盈延迟 2 个时相或无侧支循环(大多数血管显示为蓝色或无血管显示)。

侧支血管的分布范围评分:1. 与对侧大脑半球相比,闭塞血管区域内可见血管分布范围正常或接近正常范围($>90\%$);2. 与对侧大脑半球相比,闭塞血管区域内的血管分布范围为 $50\% \sim 90\%$;3. 与对侧大脑半球相比,闭塞血管区域内的血管分布范围 $<50\%$ 。

最后,将侧支血管充盈的延迟程度评分与侧支血管的分布范围评分相加得到彩色编码图总评分。

同时,CTP 原始图像自动上传至 RAPID 后处理软件,生成灌注图像,获得脑血流量、脑血容量、脑残留功能达峰时间、平均通过时间灌注伪彩图,并自动计算缺血和梗死核心区脑组织的体积。根据 2018 年北美 DEFUSE-3 试验,将绝对值脑残留功能达峰时间 >6 s 的区域定义为缺血区,脑血流量 $<30\%$ 的区域定义为梗死核心区^[12]。

以随访 90 d 的改良 Rankin 评分量表(modified rankin scale, mRS)结果为“标准”将患者分为两组,分别为预后良好组(mRS <3 分)和预后不良组(mRS ≥ 3 分)。分析两组间常规 mCTA 侧支循环评分、彩色编码图侧支循环评分、CTP 缺血和梗死核心区体积的差异,并分析各参数对临床预后的影响。

另外,对不同治疗方式不同再灌注状态的患者进行了亚组分析。组 1 为成功再灌注患者:为血管内治疗后改良的脑梗死溶栓(modified Thrombolysis in Cerebral Infarction, mTICI)达 2b 或 3 级;组 2 为未成功再灌注的患者:为 mTICI 为 2a 级及以下;组 3 为再灌注状态未知的患者:未接受血管内治疗患者。

5. 统计学分析

采用 SPSS 22.0 软件分析数据。采用 Kolmogorov-Smirnov 检验对资料先进行正态性检验,符合正态分布的计量资料以均数 \pm 标准差($\bar{x} \pm s$)的形式表示,不符合正态分布时以 $M(Q1, Q3)$ 的形式表示,计数资料用 n 表示。经检验所有变量均为非正态分布,采用 Mann-Whitney U 检验比较预后良好组和预后不良组间计量资料的差异性,采用 χ^2 或 Fisher 确切检验比

较分析两组间计数资料的差异性,采用 Kappa 检验比较两名医师分别对常规 mCTA 侧支循环评分、彩色编码图侧支循环评分评估的一致性,Kappa 系数值解释如下:0.21~0.40,一般;0.41~0.60,中等;0.61~0.80,较强;0.81~1.00,强。

采用受试者操作特征曲线(receiver operating characteristic curve, ROC)分析常规 mCTA 侧支循环评分、彩色编码图侧支循环评分、CTP 缺血和梗死核心区体积对 AIS 患者临床预后的诊断价值,并用 Z 检验比较各参数曲线下面积(area under the curve, AUC)的差异性,然后进行多因素 Logistic 回归分析确定各参数对 AIS 患者临床预后的影响。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

结果

1. 一般资料(表 1)

最终 177 例 AIS 患者纳入研究,其中男 146 例,女 31 例,年龄 27~84 岁,平均年龄 63(54~68)岁;其中高血压病史患者 64(36.2%)例,糖尿病史患者 139(78.5%)例,高脂血症史患者 100(56.5%)例,冠心病史患者 143(80.8%)例,房颤史患者 147(83.1%)例,吸烟史患者 77(43.5%)例,饮酒史患者 108(61.0%)例。所有患者入院后均接受支持治疗,其中接受血管内治疗患者 97(54.8%)例。随访 90 d 预后良好患者 91 例(预后良好组),预后不良患者 86 例(预后不良组),两组间性别、高血压病史、糖尿病史、高脂血症史、冠心病史、房颤史、吸烟史、饮酒史、是否接受血管内治疗差异均无统计学意义($P > 0.05$),与预后不良组相比,预后良好组患者更年轻、具有较低的入院 NIHSS 评分($P < 0.05$)。

两名医师对常规 mCTA 侧支循环评分、彩色编码图侧支循环评分(包括侧支血管充盈的延迟程度评分、侧支血管的分布范围评分)的评估一致性强,Kappa 系数值分别为 0.823、0.891、0.851。

2. 两组 AIS 患者 CT 各评价参数比较结果

预后良好组与预后不良组患者组间 CT 各评估参数分析结果如表 2。常规 mCTA 侧支循环评分、彩色编码图侧支循环评分及 CTP 缺血和梗死核心区体积在两组间均具有明显统计学差异($P < 0.05$),预后良好组有更好的侧支循环及更小的缺血及梗死核心区体积。

3. CT 各评价参数对 AIS 患者临床预后的诊断价值

常规 mCTA 侧支循环评分、彩色编码图侧支循环评分及 CTP 缺血和梗死核心区体积对 AIS 患者 90 d 预后良好的诊断价值如表 3 所示。通过 ROC 分析得

表 1 两组患者一般资料比较

参数	预后良好组	预后不良组	检验值	P
性别(n)			0.588	0.553
男	77	69		
女	14	17		
年龄(岁)	62(53~66)	64(57~70)	-2.226 ^a	0.026
入院 NIHSS 评分	10(6~13)	15(12~20)	-6.441 ^a	<0.001
高血压(n)			0.001	1.000
有	33	31		
无	58	55		
糖尿病(n)			0.029	1.000
有	71	68		
无	20	18		
高脂血症(n)			1.884	0.668
有	50	50		
无	41	36		
冠心病史(n)			1.765	0.184
有	77	66		
无	14	20		
房颤史(n)			1.883	0.170
有	79	68		
无	12	18		
吸烟史(n)			1.937	0.164
有	35	42		
无	56	44		
饮酒史(n)			0.221	0.638
有	54	54		
无	37	32		
血管内治疗(n)			1.596	0.450
组 1	46	36		
组 2	8	7		
组 3	37	43		

注:^a:Z 值;余检验值均为 χ^2 值

表 2 两组 AIS 患者不同评估方法间的差异性

CT 评估参数	常规 mCTA 评分	彩色编码图评分			CTP 缺血和梗死核心区体积	
		延迟程度	分布范围	总评分	缺血区(mL)	梗死核心区(mL)
预后良好组(n=91)	2(2~3)	1(1~2)	1(1~2)	3(2~4)	109.7(46.6~173.7)	0(0~3.5)
预后不良组(n=86)	2(2~2)	2(2~2)	2(1~3)	4(3~5)	194.5(125.2~267.1)	4.3(0.7~15.6)
检验值	18.352 ^b	21.035 ^b	14.669 ^a	24.410 ^b	-5.999 ^c	-5.484 ^c
P 值	<0.001	<0.001	0.001	<0.001	<0.001	<0.001

注:^a: χ^2 值;^b:Fisher 检验值;^c:Z 值

表 3 CT 各评估参数对 AIS 患者预后良好的 ROC 分析

CT 评估参数	常规 mCTA 评分	彩色编码图评分			CTP 缺血和梗死核心区体积	
		延迟程度	分布范围	总评分	缺血区(mL)	梗死核心区(mL)
界值	2	1	2	3	173.7	1.9
灵敏度(%)	45.3	53.8	84.6	72.5	75.8	67.0
特异度(%)	79.2	77.9	40.7	58.1	61.6	74.4
AUC(95%CI)	0.64(0.57~0.71)	0.67(0.60~0.74)	0.64(0.57~0.71)	0.70(0.64~0.77)	0.74(0.69~0.80)	0.75(0.68~0.81)

出的曲线下面积(the area under the curve, AUC)结果,进一步分析得知彩色编码图侧支循环评分、常规 mCTA 侧支循环评分对患者预后良好的诊断价值无统计学差异($P>0.05$);彩色编码图侧支血管的延迟程度评分及总评分与 CTP 缺血和梗死核心区体积诊断价值相当($P>0.05$),CTP 缺血和梗死核心区体积的诊断价值高于常规 mCTA 侧支循环评分及彩色编码图侧支血管分布范围评分($P<0.05$),如表 4、图 2。

4. 二元 Logistic 回归分析 CT 各评估参数对 AIS 患者预后良好的影响

将单因素分析结果有统计学差异的 CT 参数纳入 Logistic 回归分析,结果显示,彩色编码图侧支血管的延迟程度评分及梗死核心区体积是 AIS 患者 90 d 临床预后的影响因素,当调整年龄、入院 NIHSS 评分、是否接受血管内治疗的影响后,侧支血管的延迟程度评分及梗死核心区体积依然是 AIS 患者预后的影响因素如表 5。

讨论

AIS 发生后,侧支循环是维持脑灌注、影响临床合

表 4 CT 各评估参数对 AIS 患者预后良好诊断价值的差异性分析

CT 评估参数	常规 mCTA 评分	延迟程度评分	分布范围评分	彩色编码图总评分	CTP 缺血区体积	CTP 梗死核心区体积
常规 mCTA 评分		Z=0.857, P=0.391	Z=3.555, P=1.000	Z=1.797, P=0.072	Z=2.555, P=0.011	Z=2.474, P=0.013
延迟程度评分			Z=0.686, P=0.493	Z=0.957, P=0.339	Z=1.552, P=0.121	Z=1.606, P=0.108
分布范围评分				Z=2.833, P=0.005	Z=2.278, P=0.023	Z=2.610, P=0.009
彩色编码图总评分					Z=0.720, P=0.471	Z=0.969, P=0.332
CTP 缺血区体积						Z=0.283, P=0.777

表 5 CT 各评估参数对预后良好 AIS 患者的回归分析结果

CT 评估参数	OR 值(95%CI)	P	调整后 OR 值(95%CI)	P
常规 mCTA 评分 > 2	1.88(0.55~6.34)	0.314	1.63(0.42~6.27)	0.479
延迟程度评分 ≤ 1	2.39(1.03~5.52)	0.039	2.89(1.11~7.50)	0.030
分布范围评分 ≤ 2	1.50(0.47~3.64)	0.473	1.14(0.31~4.17)	0.842
彩色编码图总评分 ≤ 3	1.04(0.36~2.95)	0.948	1.32(0.40~4.38)	0.650
缺血区体积(ml) ≤ 173.7	1.84(0.83~4.10)	0.134	1.45(0.58~3.61)	0.425
梗死核心区体积(ml) ≤ 1.9	3.88(1.86~8.10)	<0.001	3.38(1.46~7.82)	0.004

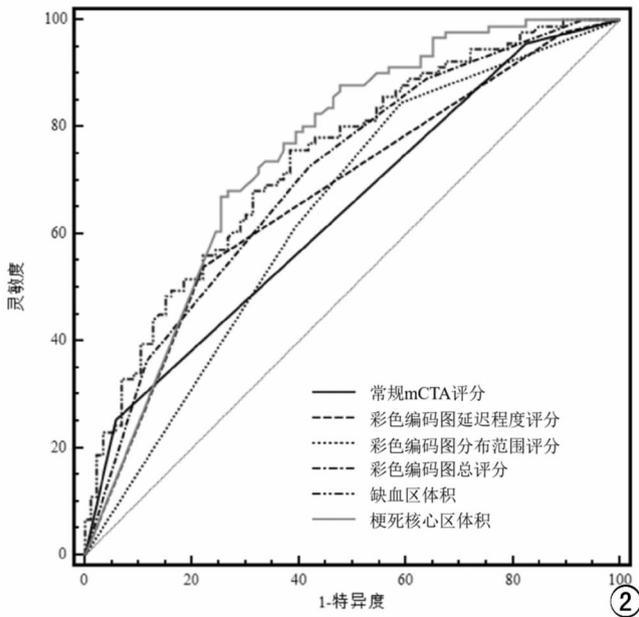


图 2 常规 mCTA 侧支循环评分、彩色编码图侧支循环评分(包括延迟程度评分、分布范围评分及总评分)及 CTP 缺血和梗死核心区体积对 AIS 患者 90d 预后良好的 ROC 曲线分析。

理治疗效果的重要因素,侧支循环状态与患者的临床预后密切相关。mCTA 作为一种评估颅内侧支循环的成像技术,可以有效评估颅内侧支循环情况。本研究结果表明 mCTA 彩色编码图对预测 AIS 患者 90 d 的临床预后具有较高价值,尤其是侧支血管的延迟程度评分,其诊断价值优于常规 mCTA 侧支循环评分,且与 CTP 诊断效能相当。

mCTA 是在外周静脉团注对比剂后的 3 个时相生成从颅底到颅顶的具有时间分辨率的脑血管成像技术^[7],mCTA 彩色编码图通过影像融合的方式将 3 个

时相的图像融合呈 1 组图像,并根据对比剂充盈的时间分布为血管分配颜色:动脉期编码为红色,静脉期编码为绿色,静脉晚期编码为蓝色,从而在 1 组图像中同时显示侧支血管的延迟程度和分布范围,可以更简单、更及时地评估侧支循环,影像科医师和神经科医师可以快速做出诊断和治疗决定,使医生获益^[8,13,14]。另外,从 mCTA 中能获得 CTP 参数中反映脑组织活力的信息,对患者临床预后的预测价值不亚于 CTP,而 mCTA 扫描时间比 CTP 短,无需额外的对比剂,无需显著增加辐射暴露,并且易于获得,从而使患者受益^[15]。因此, mCTA 较 CTP 更适用于 AIS 患者,尤其是在资源有限的情况下。再者,本研究结果显示,相较于常规 mCTA 侧支循环评分,不同医师对彩色编码图侧支循环评分的一致性更强。我们合理地推测,彩色编码图是初级放射科医师甚至非放射科医师对 AIS 患者进行急性评估的一种有效方法。

既往多项应用 mCTA 分析侧支循环与患者预后的研究表明,侧支状态良好的患者,其梗死核心区体积小,神经功能恢复良好,临床预后良好^[5,14,16-22]。本研究结果与之一致,常规 mCTA 侧支循环评分、彩色编码图侧支循环评分以及 CTP 缺血和梗死核心区体积在预后良好与不良组间均具有存在明显差异,预后良好组有更好的侧支循环及更小的缺血和梗死核心区体积。本研究结果还表明与常规 mCTA 侧支循环评分相比,彩色编码图侧支循环评分对患者预后具有相似或更高的诊断价值,与 Lin 等^[23]研究结果一致,其亦指出彩色编码图中侧支循环不良的患者在血管内治疗后仍可能面临高风险,生存率也很低。在本研究中对亚组分析的结果也提示,患者再灌注状态与其 90 d 临床预后是否良好无统计学差异,与近期研究结果一

致^[24]。

另外,本研究结果显示 mCTA 彩色编码图侧支血管的延迟程度评分及总评分对预测 AIS 患者 90 d 的临床预后具有更高的诊断价值,与另一项相似的研究结果不同,在其研究中,彩色编码图侧支血管的分布范围相比延迟程度能更准确的反应脑组织的活力,血管分布范围评分与患者临床预后及随访梗死相关,且能更好的预测患者 90d 的临床预后^[11]。分析与其研究结果存在不同的原因可能是对彩色编码图侧支循环的评分依赖于医师的视觉评估,个体视觉评估的差异性仍可能对结果造成影响。然而,增加了侧支血管分布范围评分的总评分对患者临床预后的诊断价值更高(AUC=0.70),说明侧支血管的分布范围对患者预后也有实际意义。

此外,本研究结果显示 mCTA 彩色编码图侧支血管充盈的延迟程度评分与 CTP 缺血和梗死核心区体积对 AIS 患者 90 d 临床预后的预测能力相当,且 Logistic 回归分析结果亦指出侧支血管充盈的延迟程度评分及梗死核心体积均是患者预后的影响因素,与 D'Esterre 等^[25]的研究结果相似,即随访梗死体积与侧支血管充盈的延迟程度和 CTP 参数相关,而与侧支血管的分布范围无关,因此证实了侧支血管在维持缺血脑组织的活力方面发挥着基本作用^[26],提示侧支血管充盈的延迟程度反映脑组织的灌注压,长时间延迟意味着缺血区域的侧支供应很差,即严重缺血,而在没有侧支血管充盈的区域,在随访中发生梗死^[15],影响着患者的临床预后。

本研究中存在一定的局限性。首先,本研究中应用的侧支循环评分方法是一种主观的方法,没有考虑病变血管的具体情况,包括血管狭窄或闭塞的程度,mCTA 彩色编码图在临床实践中的真正应用价值需要进一步前瞻性多中心的研究。其次,本研究中纳入不同治疗和再灌注状态的患者,尽管进行了亚组分析,但是很难排除再灌注状态未知的患者的异质性。再者,研究中应用的彩色编码软件不允许用户更改颜色编码方案,这可能会让一些习惯于不同配色方案的医师感到困惑,可能会在软件的后续迭代更新中进行改进。

总之,mCTA 彩色编码图是一种功能强大的成像方式,可以更简单、更及时、可视化的评估 AIS 患者的侧支循环状态。mCTA 彩色编码图侧支血管充盈的延迟程度评分是 AIS 患者预后的影响因素,且与常规 mCTA 和 CTP 相比,可以获得相似或更好的诊断效能。

参考文献:

[1] Ntaios G, Dziedzic T, Michel P, et al. European stroke organisation

- (ESO) guidelines for the management of temperature in patients with acute ischemic stroke[J]. *Int J Stroke*, 2015, 10(6):941-949.
- [2] von Kummer R. Treatment of ischemic stroke beyond 3 hours: is time really brain? [J]. *Neuroradiology*, 2019, 61(2):115-117.
- [3] Goyal M, Simonsen CZ, Fisher M. Future trials on endovascular stroke treatment: the not-so-easy-to-pluck fruits[J]. *Neuroradiology*, 2018, 60(2):123-126.
- [4] Lin L, Bivard A, Levi CR, et al. Comparison of computed tomographic and magnetic resonance perfusion measurements in acute ischemic stroke: back-to-back quantitative analysis [J]. *Stroke*, 2014, 45(6):1727-1732.
- [5] 王玮, 饶显群, 袁超, 等. 基于多时相 CTA 评估急性缺血性脑卒中的侧支循环与静脉溶栓治疗后的临床预后分析[J]. *中华急诊医学杂志*, 2019, 28(12):1485-1489.
- [6] 沈连芳, 房伟, 张焕磊, 等. 基于残余组织达峰时间的血流动力学变化预测急性前循环缺血性卒中脑组织水肿严重程度的研究[J]. *中华放射学杂志*, 2023, 57(7):733-740.
- [7] Menon BK, D'Esterre 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.
- [8] 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 stroke[J]. *AJNR Am J Neuroradiol*, 2020, 41(2):200-205.
- [9] 中华医学会神经病学分会, 中华医学会神经病学分会脑血管病学组. 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.
- [10] Hill MD, Goyal M, Menon BK, et al. Efficacy and safety of nerinetide for the treatment of acute ischaemic stroke (ESCAPE-NA1): a multicentre, double-blind, randomised controlled trial [J]. *Lancet*, 2020, 395(10227):878-887.
- [11] Ospel JM, Cimflova P, Volny O, 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*, 2021, 31(3):783-790.
- [12] 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.
- [13] Pai V, Ti JP, Tan LQ, et al. Practice enhancements with fast-stroke colorviz analysis in acute ischemic stroke[J]. *J Clin Imaging Sci*, 2022, 12(19):1-8.
- [14] Verdolotti T, Pilato F, Cottonaro S, et al. ColorViz, a new and rapid tool for assessing collateral circulation during stroke[J]. *Brain Sci*, 2020, 10(11):882-889.
- [15] Gupta A, Garg PK, Khera PS, et al. Multiphase computed tomography angiography (mCTA) derived source images in acute ischemic stroke: beyond collaterals. Can it obviate the need for computed tomography perfusion (CTP)? [J]. *Clin Neurol Neurosurg*, 2022, 222:107421.
- [16] Pilato F, Verdolotti T, Calandrelli R, et al. Color-coded multiphase computed tomography angiography may predict outcome in anterior circulation acute ischemic stroke[J]. *J Neurol Sci*, 2021, 430:119989.
- [17] Reid M, Famuyide AO, Forkert ND, et al. Accuracy and reliability of multiphase CTA perfusion for identifying ischemic core[J].

- Clin Neuroradiol, 2019, 29(3):543-552.
- [18] Beaulieu MC, Nehme A, Fortin F, et al. Non-contrast CT and CT-angiogram for late window ischemic stroke treatment selection[J]. Can J Neurol Sci, 2020, 47(3):309-313.
- [19] Chung KJ, Khaw AV, Pandey SK, et al. Feasibility of deconvolution-based multiphase CT angiography perfusion maps in acute ischemic stroke: Simulation and concordance with CT perfusion [J]. J Stroke Cerebrovasc Dis, 2022, 31(12):106844.
- [20] McDonough RV, Qiu W, Ospel JM, et al. Multiphase CTA-derived tissue maps aid in detection of medium vessel occlusions [J]. Neuroradiology, 2022, 64(5):887-896.
- [21] 辛奕, 苗重昌, 顾艳, 等. CTA 联合 CTPI 评估急性缺血性脑卒中患者侧支循环和临床预后[J]. 放射学实践, 2022, 37(8):966-970.
- [22] 胡佑帮, 毛峰. 脑 CT 灌注成像联合血清 miR-210 水平在急性缺血性脑卒中侧支循环状态评估和预后预测中的价值[J]. 放射学实践, 2023, 38(5):553-558.
- [23] 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.
- [24] 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 <http://60.29.99.246:8000/rwt/PUBMED/https/PB4XE5LFMRYG6Z5CNEYG65DNF3YGT4BPM7YYG/32484415/>. 2020 Aug;296(2):393-400.
- [25] DEsterre CD, Trivedi A, Pordeli P, et al. Regional comparison of multiphase computed tomographic angiography and computed tomographic perfusion for prediction of tissue fate in ischemic stroke[J]. Stroke, 2017, 48(4):939-945.
- [26] Rava RA, Snyder KV, Mokin M, et al. Assessment of a bayesian vitrea CT perfusion analysis to predict final infarct and penumbra volumes in patients with acute ischemic stroke: a comparison with RAPID[J]. AJNR Am J Neuroradiol, 2020, 41(2):206-212.
- (收稿日期:2023-11-26 修回日期:2024-03-10)

《请您诊断》栏目征文启事

《请您诊断》是本刊 2007 年新开辟的栏目,该栏目以临床上少见或容易误诊的病例为素材,杂志在刊载答案的同时配发专家点评,以帮助影像医生更好地理解相关影像知识,提高诊断水平。栏目开办 13 年来受到广大读者欢迎。《请您诊断》栏目荣获第八届湖北精品医学期刊“特色栏目奖”。

本栏目欢迎广大读者踊跃投稿,并积极参与《请您诊断》有奖活动,稿件一经采用稿酬从优。

《请您诊断》来稿格式要求:①来稿分两部分刊出,第一部分为病例资料和图片;第二部分为全文,即病例完整资料(包括病例资料、影像学表现、图片及详细图片说明、讨论等);②来稿应提供详细的病例资料,包括病史、体检资料、影像学检查及实验室检查资料;③来稿应提供具有典型性、代表性的图片,包括横向图片(X线、CT 或 MRI 等不同检查方法得到的影像资料,或某一检查方法的详细图片,如 CT 平扫和增强扫描图片)和纵向图片(同一患者在治疗前后的动态影像资料,最好附上病理图片),每帧图片均需详细的图片说明,包括扫描参数、序列、征象等,病变部位请用箭头标明。

具体格式要求请参见本刊(一个完整病例的第一部分请参见本刊正文首页,第二部分请参见 2 个月后的杂志最后一页,如第一部分问题在 1 期杂志正文首页,第二部分答案则在 3 期杂志正文末页)

栏目主持:石鹤 联系电话:027-69378385 15926283035