

◁中枢神经影像学▷

多期 CTA 重建 ColorViz 融合图血管分级在急性缺血性脑卒中患者中的临床研究

王 强¹, 许允发¹, 李 雪¹, 周鼎彬¹, 温欣然², 孙 楠¹, 孙小童¹, 李 雷¹, 王 琦¹

(1. 沈阳市第二中医医院放射科, 辽宁 沈阳 110101; 2. 中国医科大学, 辽宁 沈阳 110000)

[摘要] 目的:探讨基于 FastStroke 软件的多期 CT 血管成像(Multi-phase CT angiography, mCTA)彩色编码(ColorViz)融合图对急性缺血性脑卒中患者新发脑梗死病灶的诊断价值。方法:前瞻性收集 69 例单侧前循环闭塞急性缺血性脑卒中患者,所有入组患者均行 mCTA 扫描(动脉期、静脉期和静脉晚期)。CT 后处理使用 GE 医疗 FastStroke 软件的 ColorViz 将来自 mCTA 所有期的血管信息融合为一个时变 ColorViz 图。所有患者 3 d 内进行磁共振扩散加权成像(Magnetic resonance-diffusion weighted imaging, MR-DWI)检查。以 MR-DWI 检查结果作为诊断新发脑梗死病灶的金标准,评价 mCTA 的 ColorViz 融合图对脑内新发脑梗死病灶的诊断能力。结果:mCTA 的 ColorViz 融合图检出灰质区新发脑梗死病灶的敏感性为 90.3%, 检出白质区新发脑梗死病灶的敏感性为 36.7%。mCTA 的 ColorViz 融合图主观血管分级评分与 MR-DWI 梗死面积呈中等程度负相关($r=-0.540, P<0.001$)。结论:基于 FastStroke 软件的 mCTA ColorViz 融合图对急性缺血性脑卒中患者新发脑梗死病灶的诊断具有一定的价值。mCTA 的 ColorViz 融合图在灰质区的敏感性较高,在白质区的敏感性较低。

[关键词] 缺血性卒中;计算机体层摄影血管造影术**[中图分类号]** R743.3;R814.42;R814.43**[文献标识码]** A**[文章编号]** 1008-1062(2024)06-0381-05

DOI:10.12117/jccmi.2024.06.001

The clinical study of the vascular grading in ColorViz summation maps reconstructed by multi-phase CTA in acute ischemic stroke

WANG Qiang¹, XU Yun-fa¹, LI Xue¹, ZHOU Ding-bin¹, WEN Xin-ran², SUN Nan¹, SUN Xiao-tong¹, LI Lei¹, WANG Qi¹

(1. Department of Radiology, Shenyang Second Hospital of Traditional Chinese Medicine, Shenyang 110101, China;

2. China Medical University, Shenyang 110000, China)

Abstract: Objectives: To investigate the diagnostic value of the ColorViz summation maps of multi-phase CT angiography (mCTA) based on FastStroke software in new cerebral infarct lesions of patients with acute ischemic stroke (AIS). **Methods:** The data of 69 AIS patients with unilateral anterior circulation occlusion was collected prospectively. All the enrolled patients underwent mCTA scanning (arterial phase, venous phase and late venous phase). The postprocessing of CT images used the Colorviz method from FastStroke software of GE Healthcare, which could combine vascular information from all phases of mCTA into a time-variant color-coded map. All patients underwent magnetic resonance-diffusion weighted imaging (MR-DWI) within 3 days. MR-DWI examination was used as the gold standard for diagnosing new cerebral infarct lesions. The diagnostic ability of mCTA ColorViz summation maps was evaluated. **Results:** The sensitivity of the mCTA ColorViz summation maps to detect new infarct lesions in gray matter area was 90.3%, and that in white matter area was 36.7%. The subjective vascular grading score of mCTA ColorViz summation maps was moderately negatively correlated with the infarct size of MR-DWI ($r=-0.540, P<0.001$). **Conclusion:** The mCTA ColorViz summation maps based on FastStroke software had certain value in the diagnosis of new cerebral infarct in patients with AIS, which showed higher sensitivity in gray matter area and lower sensitivity in white matter area.

Key words: Ischemic Stroke; Computed Tomography Angiography

缺血性脑卒中是一种常见疾病,其发病率、致死率、致残率和复发率均较高,是由多种原因导致的脑组织缺血缺氧性坏死,溶栓治疗是缺血性脑卒中首选的治疗方案,而侧支循环是缺血性脑卒中梗死核心的主要因素,也是影响血管内治疗和患者预后的

主要因素^[1]。研究表明,灌注改变及侧支循环与梗死病灶的进展呈明显相关^[2-3],有效的侧支循环建立可以延长卒中后治疗时间窗、增加脑组织对缺血缺氧耐受、提高急性血管再通治疗获益、减少梗死体积以及改善预后^[4],同时良好的侧支循环还可以减少脑

[收稿日期] 2024-03-21; **[修回日期]** 2024-04-19**[作者简介]** 王强(1981-),男,辽宁丹东人,主任医师。E-mail:785126398@qq.com**[通信作者]** 王琦,沈阳市第二中医医院放射科,110101。E-mail:wangqi90909@163.com**[基金项目]** 北京医学奖励基金会(YXJL-2023-0866-0333)。

梗死后复发风险^[5]。CT 多模式“一站”扫描可以全面评估头颈部血管狭窄及斑块性质,有效评估责任血管,而且能够提供全脑灌注参数,对急性缺血性脑卒中(Acute ischemic stroke, AIS)患者的治疗前全面评估具有重要的临床价值,为治疗方案的选择和预后判断提供参考依据^[6]。多期 CT 血管成像(Multi-phase CT angiography, mCTA)的 ColorViz 融合图能简化侧支循环评价过程,缩短血管分级评分时间^[7],也可以了解侧支循环及评估血流灌注状态,对选择血管内治疗的潜在受益者是有效的^[8]。现研究多关注于 AIS 患者的预后情况,对 AIS 患者的病变演变报道较少,本研究对比 ColorViz 融合图的血管分级与 MR-DWI 复查结果,评价其在 AIS 患者病变演变中的价值。

1 资料与方法

1.1 资料

收集 2023 年 1—6 月沈阳市第二中医医院急诊收入的 AIS 患者,且 AIS 患者于 6 h 内行 mCTA 扫描并经重组组织型纤溶酶原激活剂(Recombinant tissue plasminogen activator, rt-PA)静脉溶栓治疗、3 d 内行磁共振扩散加权成像(Magnetic resonance-diffusion weighted imaging, MR-DWI)扫描。共纳入 69 例患者,其中男 41 例,女 28 例,年龄 39~82 岁,平均(65.3±10.8)岁,卒中发作时间<4.5 h 的患者 38 例,卒中发作时间为>4.5~6 h 的患者 31 例。入院 NIHSS 评分:1~4 分 10 例,5~15 分 18 例,16~20 分 20 例,21~42 分 21 例。责任血管发生于颈内动脉的患者 20 例,责任血管发生于大脑前动脉 A1 段/大脑中动脉 M1 段的患者 23 例,责任血管发生于大脑前动脉 A2 段/大脑中动脉 M2 段以远的患者 26 例。纳入标准:①均为 AIS 患者且年龄≥18 岁;②AIS 识别标准依据中国 AIS 诊疗指南 2018^[9];③CT 平扫、mCTA 扫描均在发病后 6 h 内完成,MR-DWI 扫描在发病后 3 d 内完成,且图像清晰;④CT 平扫排除脑出血;⑤mCTA 显示单侧颈内动脉及/或大脑前动脉及/或大脑中动脉急性闭塞。排除标准:①患者信息不全,配合不佳,图像不清晰;②脑出血或蛛网膜下腔出血;③后循环缺血;④经证实由脑肿瘤、脑外伤、血液病等引起的卒中患者;⑤排除其他严重疾病影响。本研究通过医院伦理审查委员会审批,患者及家属均签署知情同意书。

1.2 方法

采用美国 GE 公司的 256 层 Revolution CT 扫描机。急诊入院时,所有患者均行 CT 平扫和 mCTA 扫描。CT 平扫用于排除脑出血,观察可能存在的缺血

性病变及范围。mCTA 采用螺旋扫描,旋转时间 0.5 s,螺距 0.992:1,动脉期扫描范围从主动脉弓到颅顶,静脉期及静脉晚期仅为全脑扫描(从颅底到颅顶),动脉期与静脉期间隔时间为 8 s,静脉期与静脉晚期间隔时间为 8 s,选择正常右侧肘正中静脉以 5.0 mL/s 的速率注射对比剂碘佛醇(350 mgI/mL)45~50 mL,紧接着以相同速率注射 30 mL 生理盐水进行冲洗,总扫描时间约 18 s。原始数据均按 0.625 mm 层厚进行重建后处理。本研究纳入的患者进行扫描时联合多模型自适应迭代算法,能够在保证图像质量的同时,一定程度上减少辐射剂量。MRI 扫描采用西门子(MAGNETOM Vida)3.0T MR 扫描仪及配套头部相控阵线圈,扫描范围为颅底至颅顶,应用单次激发平面回波成像序列,b 值分别为 0、1 000 s/mm²,TE 105 ms,TR 3 100~4 000 ms,层间距 1.8 mm,层厚 6.0 mm,矩阵 160×160,视野 260 mm×220 mm,扫描时间 48~50 s。

1.3 图像分析

将三期血管扫描重建图像传入 GE 4.7 工作站,使用 FastStroke 技术重建出 ColorViz 融合图,根据血管中对比剂增强时间和程度以及每例患者的自适应阈值技术分配血管颜色:动脉期充盈血管显示为红色,静脉期充盈血管显示为绿色,静脉晚期充盈血管显示为蓝色。ColorViz 融合图按照听毗线做最大密度投影(Maximum intensity projection, MIP)重建。评分标准根据血管颜色和血管数量,采用 6 分侧支循环评分量表^[10]:5 分,患侧缺血区域血管数量正常或增加,缺血区域内血管颜色均为红色。4 分,患侧缺血区域血管数量正常或稍减少(≥90%),缺血区域内出现红色、绿色血管,但绝大多数为红色血管。3 分,患侧缺血区域血管数量正常或稍减少(≥90%),缺血区域内出现红色、绿色和蓝色血管;或患侧缺血区域血管数量减少(50%~<90%),缺血区域内血管颜色为红色和(或)绿色。2 分,患侧缺血区域血管数量减少(50%~<90%),缺血区域内出现红色、绿色和蓝色血管;或患侧缺血区域血管数量明显减少(<50%),缺血区域内血管颜色均为红色。1 分,患侧缺血区域血管数量明显减少(<50%),缺血区域内出现红色、绿色和蓝色血管。0 分,患侧缺血区域未见任何血管显影。

根据病灶发生部位,即穿支动脉、皮层动脉供血,将患者分为白质组、灰质组两组。白质组包含基底节、内囊、丘脑、放射冠区,灰质组包含额叶、颞叶、顶叶、枕叶、岛叶、外囊、扣带回、胼胝体。MR-DWI 扫描有扩散受限高信号梗死病灶,ADC 序列为低信号改变,且 1 月内没有脑卒中病史,即为新发梗死病

灶。有新发梗死病灶的患者依据新发梗死病灶的大小,选取梗死面积最大层面,在 About Neusoft PACS Version 5.5 工作站中多点测量梗死面积。

由两名高年资医师参考 CTA 图,分别双盲对 ColorViz 融合图中白质区及灰质区做血管分级,可以做出血管分级评分及 DWI 有新发梗死灶的病例为阳性病例,如果两名医师对 ColorViz 融合图发生病变部位意见不统一,取阳性结果或血管分级较低结果,分别对比 DWI 图像中梗死发生部位、梗死面积,纳入统计数据。

1.4 统计学分析

采用 SPSS 25.0 软件对数据进行统计分析。分析 MR-DWI 和 ColorViz 融合图在白质组、灰质组的敏感性、特异性,对比发生新发梗死的最大截面积与血管分级,通过 Pearson 相关系数评估全部患者,显著水平设定为 $P<0.05$ 。 r 值 >0.8 显著相关, r 值 $>0.6\sim 0.8$ 强相关, r 值 $>0.4\sim 0.6$ 中等相关, r 值 ≤ 0.4 弱相关。

2 结果

本研究共纳入 69 例患者,白质区、灰质区分别

进行统计,共计纳入 138 个统计区域,其中血管分级阳性为 85 个统计区域,0~5 分分别有 2 个、7 个、13 个、40 个、18 个、5 个统计区域。69 例患者灰质区有 56 例血管分级和 DWI 均有阳性诊断,另有 6 例 DWI 阳性患者血管分级表现为阴性,3 例血管分级为阳性诊断患者 DWI 为阴性诊断;白质区有 22 例血管分级和 DWI 均有阳性诊断,另有 38 例 DWI 阳性患者血管分级表现为阴性,4 例血管分级为阳性诊断患者 DWI 为阴性诊断(图 1~8)。ColorViz 融合图血管分级对新发梗死病灶发生在灰质区与白质区的敏感性分别为 90.3%、36.7%, χ^2 值分别为 22.870、0.403(表 1),白质区无统计学意义。对 78 个 ColorViz 融合图血管分级及 MR-DWI 均诊断阳性区域进行血管分级对比分析及血管分级对梗死面积的一元线性回归分析(图 9), r 值为 -0.540 , P 值为 0.000, t 值为 -5.594 , P 值为 0.000,血管分级与新发梗死面积之间具有中度负相关,血管分级越低,新发较大面积梗死病灶的几率越大(图 10)。

3 讨论

AIS 首选治疗方案为溶栓治疗,多项研究证实

表 1 DWI 与 ColorViz 融合图分别在灰质区、白质区病灶检出对比

部位	检查序列	阳性区(%)	阴性区(%)	敏感性(%)	特异性(%)	χ^2 值	P 值
灰质区(n=69)	DWI	62(89.9)	7(10.1)	90.3	42.9	22.870	0.000
	ColorViz 融合图	59(85.5)	10(14.5)				
白质区(n=69)	DWI	60(87.0)	9(13.0)	36.7	44.4	0.403	>0.05
	ColorViz 融合图	26(37.7)	43(62.3)				

注: $P<0.05$,有统计学意义。

AIS 患者侧支循环条件与静脉溶栓、血管内治疗的预后有关,可以作为判断 AIS 患者预后的预测指标^[11-13]。良好的侧支循环与血管内治疗的成功率、降低出血转化的风险以及较好的临床预后密切相关^[14]。脑血管侧支循环包括 3 级:1 级,Willis 环的前后交通动脉;2 级,颅内软脑膜侧支、颅外血管的解剖分流、颅内血管分流;3 级,新生毛细血管。本研究中血管分级评分 5 分有 5 例患者,责任血管均为颈内动脉,Willis 环完整,但其为先天发育,部分患者 Willis 环不完整,而且受到病变部位制约,3 级侧支循环起作用时间窗较长,对于 AIS 患者的急性期受益有限,所以 2 级侧支血管对 AIS 患者影响较大。mCTA 作为一种新型扫描技术,不仅可以显示血管充盈情况,还可观察患者软脑膜血管延迟情况,能够更全面准确评估 AIS 患者的侧支循环情况^[15]。ColorViz 融合图是基于 FastStroke 软件全自动后处理得到,ColorViz 融合图结合了颜色的指示效应和 mCTA 的自身优势,能更直观显示侧支血管,且评分者仅需观察这一单一序列

图像^[16]。传统 mCTA 侧支循环评估一般需要 1 min 左右,ColorViz 融合图侧支循环评估仅需几秒,图像更为立体、直观,对于经验不足的住院医师价值更高^[17]。在既往研究中^[18]已证实软脑膜评分与侧支循环形成及预后均有关。侧支循环形成,可缩小神经损伤范围,还可延缓永久性神经损伤过程,缓解缺血脑组织损伤^[19]。良好的软脑膜评分有助于维持患者梗死区血液供应,阻止梗死面积扩大,促进半暗带存活^[20]。发生急性脑血管栓塞,软脑膜动脉作为 2 级侧支循环血管,开放的多少直接决定脑实质损伤的程度及范围,脑血管意外发生脑梗死的范围对患者的预后转归有重要意义。本研究基于 mCTA 能较好显示软脑膜动脉,结合 ColorViz 融合图直观的特点,对发生急性前循环闭塞的患者,特别是 Willis 环发育缺失者,软脑膜动脉的 2 级侧支血管开放程度,提示不同血管分级对于不同的脑实质损伤程度及范围的几率。有研究表明^[21-22]良好的侧支循环能够维持缺血半暗带的存在,延长时间窗,并与患者的预后密切相关。

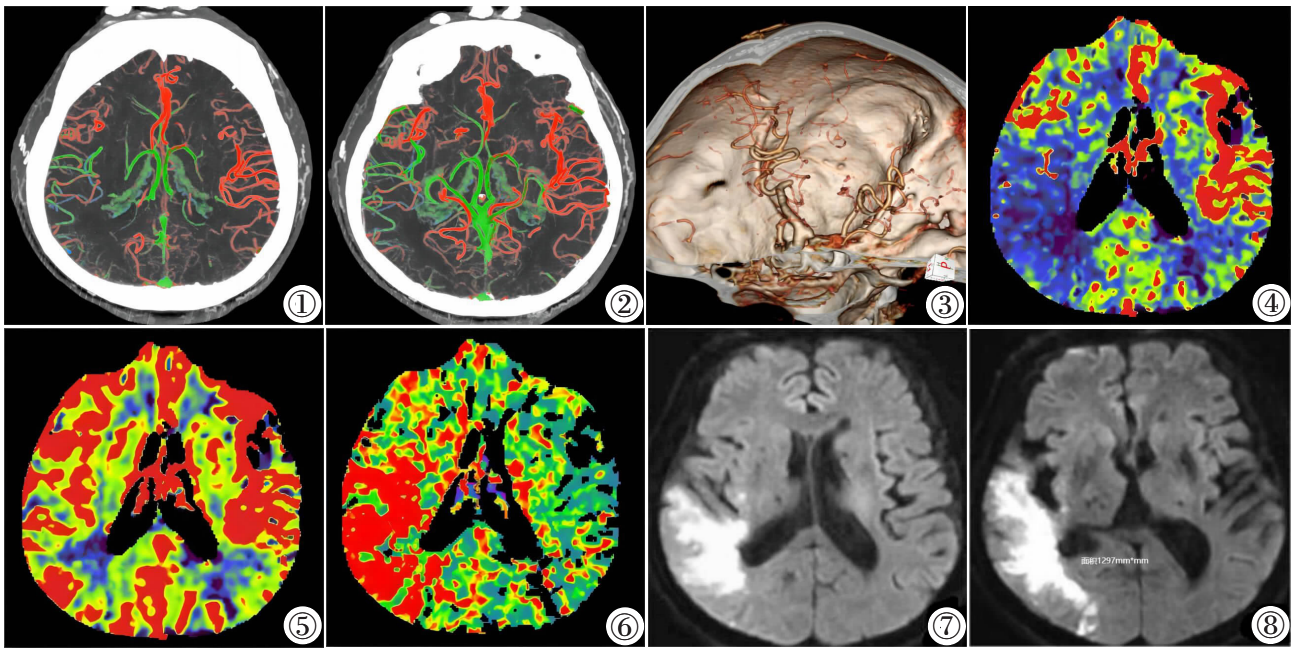


图 1-8 均为同一患者。图 1,2:ColorViz 融合图,右侧大脑中动脉眶额支供血区,血管未见明显减少,图像内出现少许绿色血管,6 分侧支循环评分量表血管分级为 4 级,右侧大脑中动脉额顶支供血区血管减少,并出现绿色、蓝色血管,血管分级为 2 级;图 3,颅内 CTA,提示右侧大脑中动脉额顶支闭塞;图 4-6:CTP 图像(分别为脑血流量(CBF)、脑血容量(CBV)、达峰时间(TTP)),额顶支供血灌注区灌注减低,为梗死前 II 期改变;图 7,8:发病 2 d 后 DWI 复查,右侧颞顶叶灰质区(额顶支供血区)见大片脑梗死,最大梗死面积为 1 297 mm²。

Figure 1-8. The above figures collected from the same patient. Figure 1, 2: ColorViz summation maps. In the blood supply area of the orbital branches of the right middle cerebral artery, there is no clear reduction in vessels. There are a few green vessels in the map. The vessels in the blood supply area of the frontal parietal branches of the right middle cerebral artery are at grade 4 on the 6-pointed scale of collateral circulation. The vessels in the frontal parietal branches of the right middle cerebral artery are reduced. There are a few green and blue vessels in the map, which are at grade 2. Figure 3: The intracranial CTA images showed the occlusion of the frontal parietal branches of the right middle cerebral artery. Figure 4~6: The CTP images(Cerebral blood flow(CBF), cerebral blood volume(CBV), time to peak(TTP), respectively) showed decreased perfusion in the frontal parietal branches blood supply perfusion area, indicating the II a changes in the pre-infarction stage. Figure 7, 8: The DWI images were re-examined 2 d after the onset. Large area of infarct was found in the gray matter area of the right temporal parietal lobe, which was the main area supplied by the frontal parietal branches. The maximum infarct area was 1 297 mm².

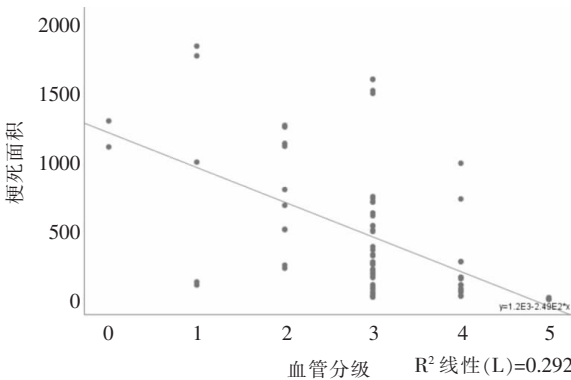


图 9 85 个 ColorViz 融合图阳性区域脑组织梗死面积与血管分级分布。图 10 血管分级影响梗死面积的标准化残差的正常 P-P 图。自变量:血管分级,因变量:脑组织梗死面积。ANOVA 显著性为 0.000,个案数为 78。

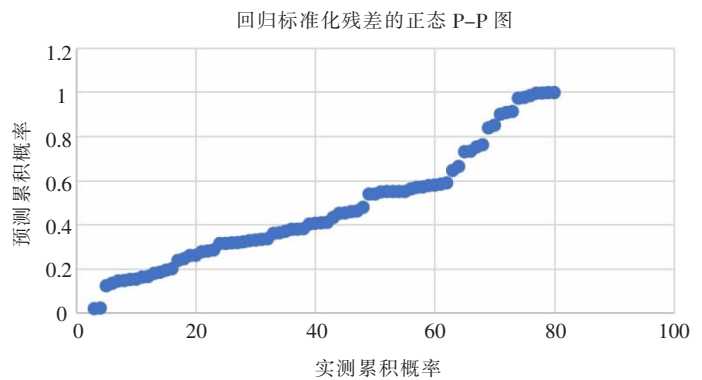


Figure 9. The correlation of infarct size and vascular grading distribution of the brain tissue in the positive areas of 85 ColorViz summation maps. **Figure 10.** The standardized residual P-P plots of infarct size were affected by vascular grading. Independent variable: vascular grading. Dependent variable: infarct size of brain tissue. The significance of ANOVA was 0.000 and the number of cases was 78.

ColorViz 融合图侧支循环评分对患者良好功能结局具有很好的预测效能^[16,23]。本研究血管分级与梗死面积的 Pearson 相关性分析中,*r* 值为-0.540,说明血管分级与新发梗死面积之呈中度负相关,与以上研究

基本相符。本文中图示患者(图 1~8)右侧大脑中动脉额顶支闭塞,虽然 CT 灌注(CT perfusion,CTP)未见大片核心梗死显影,但 ColorViz 融合图血管分级为 2 级,提示该区域发生大面积梗死几率较大,复查

结果也印证此评估结果,该区域发生大面积梗死,范围与血管分级 2 级区域基本一致,进一步表明 ColorViz 融合图中包含的侧支血管信息准确,其在预测患者预后方面可能具有很好的应用价值。

本研究中,ColorViz 融合图对灰质区发生病变的敏感性为 90.3%,明显高于对白质区发生病变的敏感性(36.7%),可能因为灰质区邻近较丰富的软脑膜动脉,可以更好的显示侧支血管,白质区为穿支动脉,较软脑膜动脉细小、稀疏。本研究中,除 ColorViz 融合图对灰质区发生病变的敏感性较对白质区发生病变的敏感性高外,也略高于徐勤等^[8]研究 ColorViz 融合图对有无梗死灶的诊断效能为 88.8%,笔者认为有两点原因:①本组数据单独计算血管丰富的灰质区,提高了其敏感性;②参与医师根据 CTA 的责任病灶分布区针对性诊断,也会提高其诊断准确性,特异性也略高于其研究数据。

本研究中,对 85 个 ColorViz 融合图血管分级阳性统计区域中的梗死面积与血管分级做趋势分布统计,3 级血管患者中梗死面积最为集中于趋势线两侧(图 9),与王振华等^[16]研究预测患者良好功能结局的最佳临界值为 3 分一致,两组有明显不同的临床走向,说明 3 级血管患者最具有治疗价值,积极干预治疗患者受益最大,所以在临床工作中,要及时检出 3 级血管患者,并勾画出病变的大概范围。

本研究没有类似的借鉴经验,重建数据未必为最优方案,而且无法准确勾画出病变范围,提供诊断信息具有局限性。但可以为没有做 CTP 扫描或无法配合完成 CTP 扫描的患者提供侧支循环的影像信息,达到快速诊断、精准治疗。今后在不断增加样本量的基础上,对比 CTP 及不同治疗方案是我们的研究方向。

【参考文献】

[1]Berkhemer OA, Jansen IG, Beumer D, et al. Collateral Status on Baseline Computed Tomographic Angiography and Intra-Arterial Treatment Effect in Patients With Proximal Anterior Circulation Stroke[J]. Stroke, 2016, 47(3): 768-776.

[2]孙雪莲,王琦,别非,等. Synthetic T₂ mapping 与灌注异常的缺血性脑卒中相关性研究 [J]. 实用放射学杂志,2022,38 (12):1926-1929.

[3]Wang Q, Bie F, Lu T, et al. The effect of cerebral blood perfusion on the correlation between cerebral stroke onset time and synthetic T₂ mapping: a pilot study [J]. Quant Imaging Med Surg, 2023, 13(6): 3477-3488.

[4]孙锦,郭莉琛,王萌,等. 缺血性脑卒中的侧支循环建立及治疗的研究现状[J]. 中国临床药理学杂志,2024,40(2):279-283.

[5]Virani SS, Alonso A, Aparicio HJ, et al. Heart Disease and Stroke Statistics-2021 Update: A Report From the American Heart Association[J]. Circulation, 2021, 143(8): e254-e743.

[6]张为,李小虎,吴宗山,等. 多时相 CT 血管成像“一站”扫描对急性缺血性脑卒中的价值研究[J]. 安徽医药,2020,24(9):1835-1838.

[7]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, 2020, 41(2): 200-205.

[8]徐勤,徐焯,敬文斌,等. 彩色多期 CT 血管成像在急性缺血性脑卒中的诊断应用[J]. 实用放射学杂志,2023,39(2):187-190.

[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]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.

[11]金巍,尹豆,李彬寅,等. 侧支循环及其在缺血性脑卒中诊疗中的研究和应用现状[J]. 中华脑血管病杂志(电子版),2021,15(3): 185-190.

[12]陈聚惠,付晓,张琼,等. 4D-CTA 评估急性缺血性脑卒中患者侧支循环与 CTP 灌注参数的相关性 [J]. 临床放射学杂志,2020,39 (2):270-275.

[13]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.

[14]Kimmel ER, Al Kasab S, Harvey JB, et al. Absence of Collaterals is Associated with Larger Infarct Volume and Worse Outcome in Patients with Large Vessel Occlusion and Mild Symptoms[J]. J Stroke Cerebrovasc Dis, 2019, 28(7): 1987-1992.

[15]赵继军,石彝,肖静,等. 多层螺旋 CT 血管成像在诊断急性缺血性脑卒中的临床应用价值[J]. 中国医学装备,2019,16(1):57-60.

[16]王振华,马耀兴,王爱军,等. ColorViz 融合图在急性缺血性脑卒中侧支循环评价中的应用 [J]. 中国医学影像学杂志,2022,30 (11):1095-1101.

[17]黄明,雷武刚,雷泳华,等. FastStroke 侧支循环评估在急性缺血性脑卒中的应用价值[J]. 基层医学论坛,2023,27(10):62-65.

[18]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]. Clin Med, 2021, 10(6): 1296.

[19]陈琳,郑丹,吕宗杰. 抗菌药物在先兆流产中的应用时机及有效性研究[J]. 重庆医学,2019,48(18):3191-3193.

[20]李秉龙,高霞,李彦. 区域软脑膜侧支循环评分及外周血 ACE、SDF-1 α 与急性前循环脑梗死静脉溶栓预后的关系[J]. 中国临床研究,2023,36(11):1695-1698.

[21]Seo WK, Liebeskind DS, Yoo B, et al. Predictors and Functional Outcomes of Fast, Intermediate, and Slow Progression Among Patients With Acute Ischemic Stroke [J]. Stroke, 2020, 51(8): 2553-2557.

[22]Wang Z, Xie J, Tang TY, 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.

[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.