

ASL和CTA对前循环大动脉狭窄急性缺血性脑卒中复发的评估

段文达¹, 李洁琼², 王雁^{2*}

¹青岛大学青岛医学院, 山东 青岛

²青岛大学附属医院神经内科, 山东 青岛

收稿日期: 2022年1月7日; 录用日期: 2022年2月1日; 发布日期: 2022年2月9日

摘要

目的: 探讨ASL及CTA对前循环大动脉狭窄急性缺血性脑卒中复发的预测价值。方法: 选取我院收治的前循环大动脉狭窄AIS患者163例, 分别进行双时相ASL、CTA、MRI检查。并于一年后进行随访, 根据一年后患者MRI结果将患者分为复发组33例和对照组130例。比较两组ASL及CTA检查结果, 分析二者对AIS复发的预测价值。结果: 与对照组相比较, 复发组的rLMC评分、Tan评分、患侧CBF (PLD = 1.5 s) 以及患侧CBF (PLD = 2.5 s)均显著低于对照组。多因素Logistic回归分析显示患侧CBF (PLD = 2.5 s)、rLMC评分与急性脑卒中复发独立相关($P < 0.05$), 二者均对前循环大动脉狭窄急性缺血性脑卒中复发有一定预测价值, 二者联合, 预测价值最高。ROC曲线下面积为0.862 (95% CI: 0.785~0.940, $P < 0.05$)。结论: ASL及CTA对前循环大动脉狭窄急性缺血性脑卒中复发有一定预测价值。

关键词

ASL, CTA, 缺血性卒中, 复发

Assessment of Recurrent Acute Ischemic Stroke with Anterior Circulation Great Artery Stenosis by ASL and CTA

Wenda Duan¹, Jieqiong Li², Yan Wang^{2*}

¹Qingdao Medical College, Qingdao University, Qingdao Shandong

²Neurology Department, The Affiliated Hospital of Qingdao University, Qingdao Shandong

Received: Jan. 7th, 2022; accepted: Feb. 1st, 2022; published: Feb. 9th, 2022

*通讯作者 Email: drwangyanqd@126.com

文章引用: 段文达, 李洁琼, 王雁. ASL 和 CTA 对前循环大动脉狭窄急性缺血性脑卒中复发的评估[J]. 临床医学进展, 2022, 12(2): 785-793. DOI: 10.12677/acm.2022.122114

Abstract

Objective: To investigate the predictive value of ASL and CTA in recurrence of acute ischemic stroke with anterior circulation great artery stenosis. **Methods:** A total of 163 AIS patients with anterior circulation great artery stenosis in our hospital were selected for dual phase ASL, CTA and MRI examination respectively. The patients were followed up one year later and divided into the recurrence group (33 cases) and the control group (130 cases) according to the MRI results of the patients one year later. The results of ASL and CTA were compared between the two groups to analyze their predictive value for AIS recurrence. **Results:** Compared with the control group, rLMC score, Tan score, affected side CBF (PLD = 1.5 s) and affected side CBF (PLD = 2.5 s) in the recurrence group were significantly lower than those in the control group. Multivariate Logistic regression analysis showed that affected side CBF (PLD = 2.5 s) and rLMC score were independently correlated with the recurrence of acute ischemic stroke ($P < 0.05$), both of them have certain predictive value for the recurrence of acute ischemic stroke with anterior circulation artery stenosis, and the combination of the two has the highest predictive value. The area under the ROC curve was 0.862 (95% CI: 0.785~0.940, $P < 0.05$). **Conclusion:** The combination of ASL and CTA has certain predictive value for the recurrence of acute ischemic stroke with anterior circulation great artery stenosis.

Keywords

Arterial Spin Labeling, Computer Tomography Angiography, Ischemic Stroke, Recurrence

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

急性缺血性脑卒中是神经内科最常见的疾病之一,可分为短暂性脑缺血(Transient Ischemic Attack, TIA)和急性脑梗死(Acute Cerebral Infarction, ACI),其远期预后受年龄、血压、血脂、遗传等多种因素影响[1]。随着医疗水平的不断发展,缺血性卒中致死率已逐年下降,但其复发率仍呈上升趋势,每年复发率达5%~20%。因此,对复发高危人群进行有效筛选和及时的干预治疗则成为了改善AIS预后的重要措施。近年来,ASL (arterial spin labeling, ASL)灌注成像在卒中血流动力学和侧支循环状态评估方面得到了茁壮发展,CT血管成像(CT angiography)通过无创获得完整的颈动脉和脑血管图像,亦被证明可有效评估患者侧支循环等状态[2] [3]。本文旨在分析ASL及CTA对急性缺血性卒中复发的预测价值。

2. 资料与方法

2.1. 研究对象

选取2017年6月至2020年12月于青岛大学附属医院收治的缺血性脑卒中患者,选取在一周内完成磁共振成像(MRI)常规扫描T1加权成像(T1WI)、T2加权成像(T2WI)、液体衰减反转恢复(FLAIR)及弥散加权成像(DWI)、CT血管造影(CTA)、ASL技术检查的患者。并于1年后对患者进行随访。最终入组患者共163例,根据1年后颅脑MRI复查的结果将患者分为再发组33例,对照组130例。确诊有高血压、糖尿病、冠状动脉粥样硬化性心脏病、高脂血症等患者均进行治疗和控制。本研究为回顾性研究,获得青岛大学附属医院伦理审查委员会批准,并得到患者及家属的知情同意。

2.2. 纳入标准

1) 缺血性脑卒中符合全国第四届脑血管学术会议通过的诊断标准, 并经 CT 或 MRI 排除脑出血。2) 既往无颅内出血、脑外科手术或大面积脑梗死病灶。3) 头颈部 CTA 检查证实为单侧大脑中动脉 M1、M2 段或颈内动脉重度狭窄或闭塞者(狭窄率>50%)。4) 同时进行了颅脑 + 颈部 CTA、ASL 及颅脑 MRI 检查, 于我院有完整的临床和影像资料。

2.3. 排除标准

1) 对于 CTA 及 ASL 检查有明显禁忌症, 以及不能或不愿配合完成检查的患者。2) 明确有心源性病变所致的脑栓塞或严重的功能损伤或全身性疾病的患者。3) 明确有夹层、淀粉样变性、烟雾病等严重的血管疾病的患者。4) 有严重心、肝、肺、肾功能不全或血液系统疾病者。5) 对侧大脑中动脉或颈内动脉中重度狭窄或闭塞者。

2.4. 一般资料收集

收集患者入院时发病年龄、性别、既往病史(高血压、冠心病、糖尿病、房颤等)、基线美国国立卫生研究院卒中量表(NIHSS 评分)。住院患者入院第二天抽取空腹血行血常规、血凝常规、空腹血糖、电解质、肝肾功等检验, 采集空腹血糖、甘油三酯、总胆固醇、高密度脂蛋白、低密度脂蛋白、尿酸等指标, 所有检验均由青岛大学附属医院检验科完成。

2.5. 影像资料收集

所有患者均应用 GE Signa3.0 T 超导型磁共振扫描仪, 在标准 8 通道线圈内完成扫描。主要成像参数: 1) 横轴面 T1WI: TR 1750 ms, TE 24 ms; T2WI: TR 3280 ms, TE 110 ms; 2) 矢状位 FLAIR: TR 9000 ms, TE 150 ms; 3) DWI: TR 5300 ms, TE 81.4 ms; 4) ASL: TR 1400 ms, TE 15 ms。扫描层厚 5 mm, 层间距 1.5 mm, FOV 240 mm × 240 mm, 矩阵为 320 × 256。ASL 进行双时相(PLD = 1.5 s 及 2.5 s)扫描, 感兴趣区(region of interest, ROI)选择脑梗死病灶最大层面的中心部位及 CBF 图灌注均匀处, 且尽可能避开脑室, 每个 CBF 值测量三次取平均结果。对灌注不均匀的脑梗死病灶, 取不同灌注区 CBF 值的平均值。所有患者的头颈 CTA 检查应用飞利浦公司 64 层螺旋 CT, 管电压 120 Kv/200mAs, 42 s 内进行 26 次循环扫描, 总共获得 312 张图片, 然后将原始图像进行三维重建。

2.6. 评分标准

所有患者均完成基于 CTA 的 rLMC 和 Tan 评分。rLMC 评分方法分值 0~20 分, 基于软脑膜动脉和豆纹动脉, 0 分: 未见动脉显影; 1 分: 动脉显影较对侧少; 2 分: 动脉显影≥对侧相应区域。评估的区域包括: 6 个 Alberta 卒中项目早期 CT 评分(Alberta stroke program early CT scale, ASPECTS 评分)区域(M1~M6)及大脑前动脉区域和基底节区。外侧裂区的软脑膜动脉评分加倍, 分别为 0、2、4。Tan 评分是根据闭塞血管供血区的侧支血流充盈范围对侧支循环进行评分, 分值 0~3 分。病变侧无侧支血流为 0 分, 侧支血流充盈范围在闭塞血管供血区的 0~≤50%为 1 分, 侧支血流充盈范围在闭塞血管供血区的 50~<100%为 2 分, 侧支血流充盈范围几乎在闭塞血管供血区的 100%为 3 分。2 种评分均为盲评, 由 2 位放射科医师分别完成, 意见不一致时共同商议决定。

2.7. 随访

由 2 名专门神经内科医师对患者进行门诊和电话随访。记录入组患者的基本情况、既往病史、实验室检查、NIHSS 评分等临床资料; 以及卒中的治疗情况, 包括介入治疗、溶栓、抗血小板、抗凝、调脂、

降糖和降压治疗等；失语患者由家属代述，随访时间截止到 2020 年 12 月。

2.8. 复发评估

1) 脑梗死患者首次发病 1 年内复查 MRI 弥散加权成像有新的梗死灶。2) TIA 患者再次发作神经功能障碍 24 小时未恢复正常或影像学检查发现新的梗死灶(包括无症状脑梗死)。除外进展性卒中或病情恶化所导致，并且排除占位、短暂性脑缺血发作、出血等情况，并满足以上二者则认为缺血性脑卒中复发。

2.9. 统计学方法

采用 SPSS21.0 进行统计分析，计量资料用 $\bar{x} \pm s$ 表示，采用 t 检验；计数资料应用百分率表示，采用 χ^2 检验。受试者工作特征(ROC)曲线分析 ASL 和基于 CTA 的 rLMC 评分、Tan 评分对急性缺血性脑卒中患者复发的预测价值。所有检验为双侧检验， $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

3. 结果

3.1. 复发组与对照组临床资料比较

163 例患者中，53 例患者为 TIA，其中仅 4 例在 1 年内影像学发现新的梗死灶。110 例为脑梗死患者，29 例在在 1 年内出现新的梗死灶。急性缺血性脑卒中总复发率为 20.24%。复发组与对照组年龄、性别、血糖、血脂、尿酸、血压等一般临床资料无明显差异，入院 24 小时 NIHSS 评分为(6.150 ± 3.964 VS 3.345 ± 3.527)，差异有统计学意义($P < 0.05$ ，表 1)。

Table 1. Comparison of clinical data between recurrence group and control group

表 1. 复发组与对照组临床资料比较

变量	复发组(n = 33)	对照组(n = 130)	P 值
卒中危险因素			
年龄(岁)	63.879 ± 9.691	63.554 ± 10.241	0.870
空腹血糖(mmol/L)	6.214 ± 2.312	6.015 ± 1.928	0.613
甘油三酯(mmol/L)	1.414 ± 0.815	1.693 ± 1.696	0.360
总胆固醇(mmol/L)	3.944 ± 1.021	4.105 ± 1.307	0.512
HDL (mmol/L)	1.162 ± 0.516	1.248 ± 0.679	0.499
LDL (mmol/L)	2.418 ± 0.915	2.450 ± 0.981	0.086
脂蛋白 a (ug/L)	5.498 ± 2.039	5.498 ± 1.313	0.850
尿酸(μ mol/L)	311.061 ± 112.071	311.646 ± 83.128	0.973
尿酸氮(ug/L)	5.498 ± 1.313	5.569 ± 2.039	0.370
入院收缩压(mmHg)	149.697 ± 22.024	142.115 ± 19.634	0.055
入院舒张压(mmHg)	83.576 ± 13.921	79.292 ± 11.773	0.074
饮酒史	6.06%	14.6%	0.128
吸烟史	6.06%	15.3%	0.171
性别(男)	28.4%	21.2%	0.224
入院 24 h 患者 NIHSS 评分	6.150 ± 3.964	3.345 ± 3.527	0.002

3.2. 复发组与对照组影像学检查比较

二组患者正常侧 CBF 在 PLD 1.5 s 或 PLD = 2.5 s 均无明显差异, 患侧 CBF (PLD = 1.5 s)/患侧 CBF (PLD = 2.5 s) 二组无明显差异, 而与对照组相比, 复发组在 1.5 s CBF、2.5 s CBF 及 rLMC 评分差异有统计学意义($P < 0.05$, 表 2)。

Table 2. Comparison of imaging parameters between the relapse group and the control group

表 2. 复发组与对照组影像学参数比较

变量	复发组(n = 33)	对照组(n = 130)	P 值
患侧 CBF (PLD = 1.5 s) [mL/(100 g·min)]	22.879 ± 9.607	30.016 ± 12.496	0.002
正常侧 CBF (PLD = 1.5 s) [mL/(100 g·min)]	43.354 ± 11.769	43.545 ± 12.288	0.934
患侧 CBF (PLD = 2.5 s) [mL/(100 g·min)]	32.484 ± 10.770	40.019 ± 13.191	0.003
正常侧 CBF (PLD = 2.5 s) [mL/(100 g·min)]	45.443 ± 9.975	42.727 ± 7.575	0.146
患侧 CBF (PLD = 1.5 s)/ 患侧 CBF (PLD = 2.5 s)	0.748 ± 0.262	0.771 ± 0.224	0.650
Tan 评分	1.708 ± 0.7308	0.970 ± 0.728	0.048
rLMC 评分	11.377 ± 3.283	7.030 ± 3.377	<0.001

3.3. 单因素和多因素 Logistic 回归分析

单因素 Logistic 回归分析显示患侧 CBF (PLD = 1.5 s)、患侧 CBF (PLD = 2.5 s)、Tan 评分、rLMC 评分、NIHSS 评分与急性脑卒中复发相关($P < 0.05$)。将该五项指标纳入多因素 Logistic 回归分析显示患侧 CBF (PLD = 2.5 s)、rLMC 评分与急性脑卒中复发独立相关($P < 0.05$, 表 3)。

Table 3. Regression analysis of various influencing factors of recurrent acute stroke

表 3. 急性脑卒中复发各项影响因素回归分析

项目	OR 值	95% CI	P 值
单因素分析			
患侧 CBF (PLD = 1.5 s)	0.941	0.903~0.981	0.004
患侧 CBF (PLD = 2.5 s)	0.910	0.871~0.951	<0.001
Tan 评分	0.120	0.047~0.303	<0.001
rLMC 评分	0.671	0.575~0.783	<0.001
入院 NIHSS 评分	1.155	1.045~1.276	0.005
血糖	1.048	1.875~1.255	0.611
甘油三酯	0.853	0.601~1.209	0.372
高密度脂蛋白	0.735	0.299~1.808	0.503
低密度脂蛋白	0.965	0.583~1.396	0.902

Continued

年龄	1.006	0.969~1.045	0.749
收缩压	1.018	0.999~1.037	0.058
舒张压	1.028	0.997~1.060	0.077
尿酸	1.000	0.996~1.004	0.973
尿素氮	0.989	0.798~1.227	0.923
脂蛋白 a	1.001	0.999~1.003	0.359
吸烟	1.372	0.148~2.448	0.478
饮酒	1.193	0.286~4.980	0.809
性别	1.372	0.508~3.705	0.532
多因素分析			
患侧 CBF (PLD = 1.5 s)	1.043	0.976~1.115	0.216
患侧 CBF (PLD = 2.5 s)	0.897	0.838~0.960	0.002
Tan 评分	0.120	0.047~0.303	<0.001
rLMC 评分	0.671	0.575~0.783	<0.001
入院 NIHSS 评分	1.155	1.045~1.276	0.005

3.4. 两种评价方式与急性缺血性脑卒中复发相关性的分析

以受试者工作特征曲线(Receiver Operating Characteristic Curve, ROC 曲线)用于测试患侧 CBF (PLD = 2.5 s)及 rLMC 评分对急性前循环大动脉严重狭窄或闭塞的缺血性脑卒中患者预后预测的总体价值。ROC 分析结果显示 rLMC 评分、患侧 2.5 s CBF 曲线下面积从大到小为 0.824、0.751, 提示二者中 rLMC 评分对缺血性脑卒中复发的预测价值大于患侧 CBF (PLD = 2.5 s)。以二者联合可进一步提高预测效能, 曲线下面积为 0.862 (表 4, 图 1)。

4. 讨论

近年来我国急性缺血性脑卒中发病率和复发率都呈逐年上升趋势。有研究表明, 我国首次发生缺血性脑卒中的患者在 3 个月、6 个月、1 年的复发率分别达到了 10.9%、13.4%、14.7% [4], 且复发性缺血性脑卒中病患者往往预后更差, 严重影响患者及整个家庭的生活质量。目前, 约 22.4%狭窄程度为 50%~99%颈内动脉狭窄患者, 在首次缺血事件发生的 72 h 内再次发生脑卒中, 这部分患者首次缺血事件发生时应及时给予颈动脉内膜剥脱术(CEA)或颈动脉支架置入术(CAS)进行治疗。而那些具有较低脑卒中复发风险的患者, 则可延迟接受血管内治疗或仅给予药物治疗[5]。因此, 如何早期发现患者 AIS 的再发风险, 并给予针对性的治疗、防控措施, 逐渐受到科研人员们的关注。

Table 4. Analysis of the association between two assessment methods and acute ischemic stroke

表 4. 两种评估方式与急性缺血性脑卒中相关性的分析

参数	曲线下面积	95% CI	P 值
患侧 CBF (PLD = 2.5 s)	0.751	0.659~0.843	<0.05
rLMC 评分	0.824	0.740~0.909	<0.05
患侧 2.5 s CBF 联合 rLMC 评分	0.862	0.785~0.940	<0.05

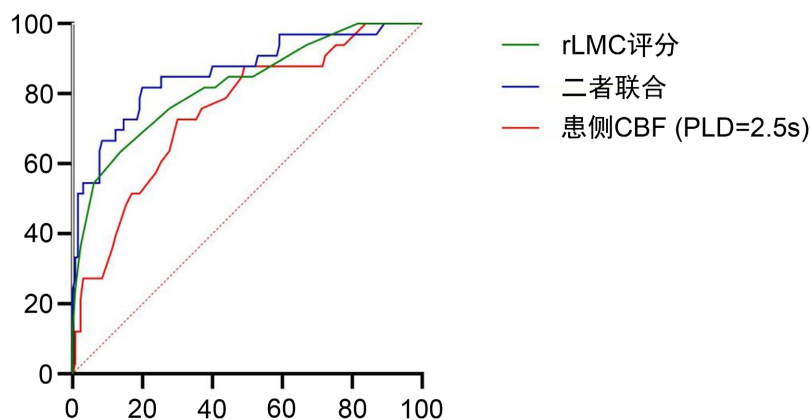


Figure 1. ROC analysis of the overall prognostic value of the two evaluation methods for ischemic stroke patients with acute anterior circulation artery severe stenosis or occlusion

图 1. ROC 分析两种评价方式对急性前循环大动脉严重狭窄或闭塞的缺血性脑卒中患者预后预测的总体价值

侧支循环代偿是缺血性卒中临床表现及预后的独立预测因素，丰富的侧支循环可保持脑组织的正常血流灌注，延长脑细胞在缺血状态下的耐受时间，挽救缺血半暗带，避免梗死进一步发展[6]。数字剪影血管造影(DSA)已被公认为评估脑血管狭窄及侧支循环的金标准，其对各级脑血管解剖显影清晰、准确，然而该项检查风险相对较高，价格昂贵，使其在临床应用中存在局限性[7] [8]。ASL (arterial spin labeling) 即动脉自旋标记磁共振成像，是一项无创、无需对比剂，简单快捷的磁共振灌注成像技术，可直观并定量地显示脑血管微循环血流灌注状态，目前应用广泛[9]。同时，亦有许多基于 CTA 的侧支循环评估手段，其中 Tan 评分及 rLMC 评分在临床上较为常用，已被证明可准确的评估患者侧支循环状态。

本研究探讨了 ASL 及 CTA 对缺血性卒中再发的预测价值，结果表明患侧 CBF (PLD = 2.5 s)、rLMC 评分与急性脑卒中复发独立相关($P < 0.05$)，二者联合对急性缺血性脑卒中复发有一定预测价值。ROC 曲线下面积分别为 0.862。

CTA 可有效评估脑一级二级侧支循环，并预测缺血灶卒中患者的预后[10] [11]，曾有研究认为，在基于 CTA 的几种评分中 rLMC 信度和效度最高，对侧支循环的评估最为真实可靠[12]。在本项研究中，rLMC 也展现了对缺血性卒中复发一定的预测能力，这可能是由于 rLMC 评分同时囊括了 ASPECT 分区的 M1~M6 区、大脑前动脉供血区、基底节供血区、外侧裂供血区，这些解剖区域的侧支血流代偿程度。而 Tan 评分仅仅将侧支循环分为 0~3 级，故预测价值相对较低。rLMC 评分的缺点是操作较为复杂，且对 CTA 图像质量要求相对较高。基于 CTA 几种评分之间的优劣，目前尚存争议，临床上尚未达到共识。此外，有研究认为尽管传统的单时相 CTA 具有较高的时间和分辨率，可以显示侧支循环血流范围，但未能重复展示动态血流速度，以至于在一些时候会错误的估计侧支循环真实代偿程度。目前多模 CT 作为一种新兴的无创影像学技术，可通过使用一站式 CTA 及 CTP 技术而更为迅速、准确地获得全脑的灌注信息，从而评估侧支循环状态，为指导个体化治疗赢得宝贵时间[13]。基于多模 CT 的 rLMC 评分是在传统 CTA 基础上，增加扫描时相，可分别对动脉期、静脉期、静脉后期进行多次扫描，通过软脑膜血管内的造影廓清情况、软脑膜血管患侧与对侧强化程度的对比、软脑膜血管相对于健侧强化峰值的延迟对侧支循环进行分级评估，可助于进一步预测临床预后，指导制定治疗方案[14]。

CBF 即 cerebral blood flow 被认为是评估脑灌注的金标准[15]，正常人脑组织 CBF 在 50 ml/(min·100 g) 左右，若灌注量低于 10 ml/(min·100 g)，则脑组织可在数分钟内造成不可逆损伤。ASL 可量化感兴趣区 CBF，已有研究表明 ASL 在闭塞血管侧测得的 CBF 值可对 TIA 的再发以及脑梗死的预后进行预测[16] [17]。亦有研究表明闭塞血管对侧测得的 CBF 值也与脑卒中预后相关，这可能是由于较好的脑血流往往

意味着较高的心输出量[6]。但在本项研究中,单独应用 ASL 的患侧 CBF 对缺血性卒中复发进行预测,曲线下面积仅 0.751,这可能是由于本项研究所采用的 CBF 值均为放射科医师选取感兴趣区所获得,无法代表该侧大脑半球整体灌注。有研究表明,在使用单时相进行 ASL 检查时,侧支流量的延迟将导致 ASL 信号强度降低,可导致对 CBF 的错误预估[18]。因此本研究应用了双时相 ASL 对缺血性脑卒中患者的侧支循环建立情况进行评估。数据显示,对侧正常脑组织 CBF (PLD = 1.5 s)与 CBF (PLD = 2.5 s)无明显差异,这与 Ye 等人的研究结果相似。同时,本项研究中,患者患侧 1.5 s 的 CBF 要普遍低于患侧 2.5 s 的 CBF,且患侧 2.5 s 的 CBF 对缺血性卒中复发的预测价值更高,这可能是由于,狭窄血管在供血不足后,血液到达病变血管供血区流速减慢,动脉血通过时间(Arterial Transit Time, ATT)延长,1.5 s 的 PLD 小于 ATT,故 ASL (PLD = 1.5 s)没能采集到患侧被标记的动脉血质子,因而表现为低灌注。而当 PLD 调整为 2.5 s 后,PLD 则更接近于 ATT,更能真实的反映该处脑组织的供血情况[19]。此外 Lyu 等学者则将患侧在不同时相上的 CBF 比值定义为 HVR (Hypoperfusion volume ratio),并将其应用于缺血性卒中复发的预测[20],亦有研究者认为 HVR 可预测急性缺血性卒中早期的功能恶化,但在本项研究中,复发组和对照组的 HVR 无明显差异[21]。

尽管已有证据表明年龄、空腹血糖、血脂、尿酸以及血压等因素是动脉粥样硬化的成因,且与缺血性脑卒中预后与再发息息相关。但在本次研究中,观察组与对照组在这些指标上并无显著差异,这可能是由于样本量过少,抑或它们并非患者缺血性脑血管病再发最重要的成因[22] [23] [24]。

综上所述,ASL 与 CTA 联合对急性缺血性脑卒中复发有较好预测价值,而对缺血性卒中复发预测更精准的预测手段,则有待进一步多中心、大样本的研究,同时将更全面的临床资料纳入研究中去。

本研究存在着一些不足之处,1) 本项研究中 ASL 的 ROI 为手动选取,存在一定的误差。2) 本项研究为单中心回顾性研究,因此在临床资料的选择上可能会有一定的倾向性。3) 基于 CTA 的侧支循环评估方法为数较多,在选择上仍存在一定争议,尽管本文已采取临床上经常应用的 rLMC 评分和 Tan 评分作为 CTA 评估侧支循环的评分系统,但仍可能无法完全代表 CTA 对缺血性卒中复发预测的准确性。

参考文献

- [1] 邹积明. 缺血性脑卒中再发相关危险因素分析[J]. 中华老年医学杂志, 2020, 39(3): 297-300. <https://doi.org/10.3760/cma.j.issn.0254-9026.2020.03.011>
- [2] Tan, B.Y.Q., Paliwal, P., Gopinathan, A., et al. (2016) Good Intracranial Collaterals Trump Poor ASPECTS (Alberta Stroke Program Early CT Score) for Intravenous Thrombolysis in Anterior Circulation Acute Ischemic Stroke. *Stroke*, 47, 2292-2298. <https://doi.org/10.1161/STROKEAHA.116.013879>
- [3] Liu, L.P., Ding, J., Leng, X.Y., Pu, Y.H., Huang, L.A., Xu, A.D., Wong, K.S.L., Wang, X. and Wang, Y.J. (2018) Guidelines for Evaluation and Management of Cerebral Collateral Circulation in Ischaemic Stroke 2017. *Stroke and Vascular Neurology*, 3, 117-130. <https://doi.org/10.1136/svn-2017-000135>
- [4] Wang, P.L., Wang, Y.L., Zhao, X.Q., Du, W.L., Wang, A.X., Liu, G.F., Liu, L.P., Ji, R.J., Wang, C.X., Dong, K.H. and Wang, Y.J. (2016) In-Hospital Medical Complications Associated with Stroke Recurrence after Initial Ischemic Stroke: A Prospective Cohort Study from the China National Stroke Registry. *Medicine*, 95, e4929. <https://doi.org/10.1097/MD.0000000000004929>
- [5] 臧琳, 樊露, 仇建婷, 等. 症状性颈内动脉狭窄患者脑卒中复发影响因素的研究进展[J]. 中华老年心脑血管病杂志, 2020, 22(6): 668-670. <https://doi.org/10.3969/j.issn.1009-0126.2020.06.029>
- [6] Thamm, T., Guo, J., Rosenberg, J., Liang, T., Marks, M.P., Christensen, S., Do, H.M., Kemp, S.M., Adair, E., Eynogorn, I., Mlynash, M., Jovin, T.G., Keogh, B.P., Chen, H.J., Lansberg, M.G., Albers, G.W. and Zaharchuk, G. (2019) Contralateral Hemispheric Cerebral Blood Flow Measured with Arterial Spin Labeling Can Predict Outcome in Acute Stroke. *Stroke*, 50, 3408-3415. <https://doi.org/10.1161/STROKEAHA.119.026499>
- [7] 中国卒中学会, 中国卒中学会神经介入分会, 中华预防医学会卒中预防与控制专业委员会介入学组. 急性缺血性卒中血管内治疗影像评估中国专家共识[J]. 中国卒中杂志, 2017, 12(11): 1041-1056. <https://doi.org/10.3969/j.issn.1673-5765.2017.11.014>

- [8] Kortman, H.G.J., Smit, E.J., Oei, M.T.H., *et al.* (2015) 4D-CTA in Neurovascular Disease: A Review. *American Journal of Neuroradiology*, **36**, 1026-1033. <https://doi.org/10.3174/ajnr.A4162>
- [9] Hernandez-Garcia, L., Lahiri, A. and Schollenberger, J. (2019) Recent Progress in ASL. *NeuroImage*, **187**, 3-16. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2017.12.095>
- [10] Jansen, I.G.H., Berkhemer, O.A., Yoo, A.J., *et al.* (2016) Comparison of CTA- and DSA-Based Collateral Flow Assessment in Patients with Anterior Circulation Stroke. *American Journal of Neuroradiology*, **37**, 2037-2042. <https://doi.org/10.3174/ajnr.A4878>
- [11] Boers, A.M.M., Sales Barros, R., Jansen, I.G.H., *et al.* (2018) Value of Quantitative Collateral Scoring on CT Angiography in Patients with Acute Ischemic Stroke. *American Journal of Neuroradiology*, **39**, 1074-1082. <https://doi.org/10.3174/ajnr.A5623>
- [12] 王国防, 李刚, 孔岩, 等. 基于 CT 血管造影的侧支循环评分方法比较研究[J]. 中华神经医学杂志, 2018, 17(1): 19-24. <https://doi.org/10.3760/cma.j.issn.1671-8925.2018.01.003>
- [13] 徐良额, 张圣, 江秉泽, 等. 基于多模式影像学评估的侧支循环与缺血性脑卒中预后的相关性研究进展[J]. 中华神经医学杂志, 2019, 18(11): 1168-1172. <https://doi.org/10.3760/cma.j.issn.1671-8925.2019.11.018>
- [14] 刘盈盈, 彭淼, 马春, 等. 基于多模 CT 的区域软脑膜侧支循环评估在血管再通预测中的应用价值分析[J]. 中华神经医学杂志, 2020, 19(5): 499-503. <https://doi.org/10.3760/cma.j.cn115354-20200224-00112>
- [15] Ya, J.Y., Zhou, D., Ding, J.Y., Rajah, G.B., Wu, Y., Yang, X.X., Hou, Y.Q., Jin, K.X., Pan, L.Q., Wu, Y., Du, J.W., Ding, Y.C., Ji, X.M., Yang, Q. and Meng, R. (2020) Arterial Spin Labeling-MR May Be an Alternative to SPECT for Evaluating Cerebral Perfusion in Patients with Unilateral Middle Cerebral Artery Stenosis. *Neurological Research*, **42**, 621-629. <https://doi.org/10.1080/01616412.2020.1782080>
- [16] Nam, K.W., Kim, C.K., Ko, S.B., Yoon, B.W., Yoo, R.E. and Sohn, C.H. (2020) Regional Arterial Spin Labeling Perfusion Defect Is Associated with Early Ischemic Recurrence in Patients with a Transient Ischemic Attack. *Stroke*, **51**, 186-192. <https://doi.org/10.1161/STROKEAHA.119.026556>
- [17] Aracki-Trenkic, A., Law-Ye, B., Radovanovic, Z., Stojanov, D., Dormont, D. and Pyatigorskaya, N. (2020) ASL Perfusion in Acute Ischemic Stroke: The Value of CBF in Outcome Prediction. *Clinical Neurology and Neurosurgery*, **194**, Article ID: 105908. <https://doi.org/10.1016/j.clineuro.2020.105908>
- [18] Hendrikse, J., van Osch, M.J., Rutgers, D.R., Bakker, C.J., Kappelle, L.J., Golay, X. and van der Grond, J. (2004) Internal Carotid Artery Occlusion Assessed at Pulsed Arterial Spin-Labeling Perfusion MR Imaging at Multiple Delay Times. *Radiology*, **233**, 899-904. <https://doi.org/10.1148/radiol.2333031276>
- [19] 叶天涛, 陈锋, 张光辉, 等. 双参数 3D-ASL 在单侧大脑中动脉慢性闭塞的侧支循环评估中的应用价值分析[J]. 中华神经医学杂志, 2018, 17(6): 605-609. <https://doi.org/10.3760/cma.j.issn.1671-8925.2018.06.012>
- [20] Lyu, J.H., Ma, N., Tian, C.L., Xu, F., Shao, H., Zhou, X., Ma, L. and Lou, X. (2019) Perfusion and Plaque Evaluation to Predict Recurrent Stroke in Symptomatic Middle Cerebral Artery Stenosis. *Stroke and Vascular Neurology*, **4**, 129-134. <https://doi.org/10.1136/svn-2018-000228>
- [21] Zhang, M., Zhu, W.S., Ma, Y., Huang, K.K., Huang, S., Chen, Q., Yun, W.W. and Xu, G.L. (2021) Early Neurological Deterioration and Hypoperfusion Volume Ratio on Arterial Spin Labeling in Patients with Acute Ischemic Stroke. *Journal of Stroke and Cerebrovascular Diseases*, **30**, Article ID: 105885. <https://doi.org/10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2021.105885>
- [22] Lau, L.H., Lew, J., Borschmann, K., Thijs, V. and Ekinici, E.I. (2019) Prevalence of Diabetes and Its Effects on Stroke Outcomes: A Meta-Analysis and Literature Review. *Journal of Diabetes Investigation*, **10**, 780-792. <https://doi.org/10.1111/jdi.12932>
- [23] Zheng, S.B. and Yao, B.D. (2019) Impact of Risk Factors for Recurrence after the First Ischemic Stroke in Adults: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of Clinical Neuroscience*, **60**, 24-30. <https://doi.org/10.1016/j.jocn.2018.10.026>
- [24] Barahman M., Zhang, W., Harris, H.Y., Aiyer, A., Kabarriti, R., Kinkhabwala, M., Roy-Chowdhury, N., Beck, A.P., Scanlan, T.S., Roy-Chowdhury, J., Asp, P. and Guha, C. (2019) Radiation-Primed Hepatocyte Transplantation in Murine Monogenic Dyslipidemia Normalizes Cholesterol and Prevents Atherosclerosis. *Journal of Hepatology*, **70**, 1170-1179. <https://doi.org/10.1016/j.jhep.2019.01.010>