

## CT 灌注联合 MRI 在急性脑梗缺血半暗带评估中的价值

甘荣坤, 李 亮, 陈思敏, 林怀雄, 刘昌华

(解放军陆军第七十三集团军医院影像科, 福建 厦门 361000)

**[摘要]** 目的:探究 CT 灌注联合 MRI 在急性脑梗缺血半暗带评估中的价值。方法:回顾性分析本院 2020 年 1 月—2022 年 1 月收治的 152 例急性脑梗死患者的全脑 CT 灌注、MRI 检查结果;分析其对急性脑梗缺血半暗带的评估价值。结果:急性脑梗死患者核心梗死区脑血容量(CBV)、脑血流量(CBF)较健侧对应区降低,平均通过时间(MTT)、达峰时间(TTP)较健侧对应区升高( $P<0.05$ );缺血半暗带区与健侧对应区 CBV 差异不显著,CBF 水平较健侧对应区降低,MTT、TTP 水平较健侧对应区升高( $P<0.05$ );缺血半暗带区 CBV、CBF 水平显著高于梗死核心区,MTT、TTP 水平低于梗死核心区( $P<0.05$ );急性脑梗死患者缺血半暗带与健侧对应区表观弥散系数(ADC)值比较差异无统计学意义( $P>0.05$ ),梗死核心区与健侧对应区 ADC 值比较差异有统计学意义( $P<0.05$ ),但缺血半暗带区 rADC 值显著高于梗死核心区( $P<0.05$ );CT 灌注参数中诊断鉴别缺血半暗带最高 AUC 值、敏感度、特异度分别为 0.992、97.37%、96.71%;MRI 参数中鉴别诊断缺血半暗带的最高 AUC 值、敏感度、特异度分别为 0.688、73.68%、56.58%;CT 灌注参数联合 MRI 评估急性脑梗死缺血半暗带的 AUC 为 0.999(0.986~1.000),约登指数 0.980,临界值为 0.238,敏感度、特异度分别为 100.00%、98.03%。结论:采用 CT 灌注联合 MRI 评估急性脑梗死缺血半暗带效果良好,具有较好的敏感度与特异度,值得临床推广。

**[关键词]** 脑梗死;磁共振成像;体层摄影术,螺旋计算机

**[中图分类号]** R743.33;R445.2;R814.42

**[文献标识码]** A

**[文章编号]** 1008-1062(2024)05-0316-05

DOI:10.12117/jccmi.2024.05.003

### Value of CT perfusion combined with MRI in evaluating the ischemic penumbra of acute cerebral infarction

GAN Rong-kun, LI Liang, CHEN Si-min, LIN Huai-xiong, LIU Chang-hua

(Imaging Department, the 73rd Group Military Hospital of the People's Liberation Army, Xiamen Fujian 361000, China)

**Abstract: Objective:** To investigate the value of CT perfusion combined with MRI in evaluating the ischemic penumbra of acute cerebral infarction. **Methods:** The whole brain CT perfusion and MRI examination results of 152 patients with acute cerebral infarction who were admitted to the hospital from January 2020 to January 2022 were analyzed retrospectively. The value of CT perfusion and MRI in evaluating the ischemic penumbra of acute cerebral infarction was analyzed. **Results:** Cerebral blood volume(CBV) and cerebral blood flow(CBF) in the core infarction area were lower than those in corresponding area on the healthy side, while the mean transit time(MTT) and time to peak(TTP) were longer than those in corresponding area on the healthy side ( $P<0.05$ ). CBV in the ischemic penumbra and corresponding area on the healthy side was similar. CBF in the ischemic penumbra was lower than that in corresponding area on the healthy side, while MTT and TTP were longer than those in corresponding area on the healthy side ( $P<0.05$ ). CBV and CBF in the ischemic penumbra were significantly higher than those in the core infarction area, while MTT and TTP were shorter than those in the core infarction area ( $P<0.05$ ). There was no statistically significant difference in the apparent diffusion coefficient (ADC) value between the ischemic penumbra and corresponding area on the healthy side ( $P>0.05$ ). There was a statistically significant difference in ADC value between the core infarction area and corresponding area on the healthy side ( $P<0.05$ ). The rADC value of the ischemic penumbra was significantly higher than that of the core infarction area ( $P<0.05$ ). Among CT perfusion parameters, the highest AUC, sensitivity and specificity for diagnosing and distinguishing ischemic penumbra were 0.992, 97.37% and 96.71%, respectively. Among MRI parameters, the highest AUC, sensitivity and specificity for diagnosing and distinguishing ischemic penumbra were 0.688, 73.68% and 56.58%, respectively. The AUC of CT perfusion parameters combined with MRI for evaluating the ischemic penumbra of acute cerebral infarction was 0.999 (0.986~1.000), and Youden index was 0.980. When the critical value was 0.238, the sensitivity and specificity were 100.00% and 98.03%. **Conclusion:** The combination of CT perfusion and MRI is effective in evaluating the ischemic penumbra of acute cerebral infarction, with good sensitivity and specificity, and is worthy of clinical promotion.

**Key words:** Brain Infarction; Magnetic Resonance Imaging; Tomography, Spiral Computed

随我国人口老龄化程度加剧,脑卒中发病率也 缺血性脑卒中又称为脑梗死,主要是由于椎动脉、颈  
随之增加,其中绝大多数患者均为缺血性脑卒中<sup>[1]</sup>。 动脉等脑部供血动脉堵塞或狭窄,进而导致脑血供

**[收稿日期]** 2023-09-08;**[修回日期]** 2023-10-03

**[作者简介]** 甘荣坤(1988-),男,福建龙海人,主治医师。E-mail:dhbxn188@163.com

**[通信作者]** 刘昌华,解放军陆军第七十三集团军医院影像科,361000。E-mail:179817919@qq.com

不充足,引发脑组织局部缺血缺氧<sup>[2]</sup>。临床上急性脑梗死患者梗死面积与患者预后直接相关,患者治疗后梗死面积越小,其预后情况越好。而针对急性脑梗死患者采用的溶栓治疗主要目的在于尽快恢复缺血半暗带的血流灌注<sup>[3]</sup>。缺血半暗带指在脑血流低灌注后神经功能受损,但恢复灌注后神经功能仍可恢复的局部脑组织,其属于可逆的梗死区,若长时间低灌注可导致缺血半暗带进展为不可逆梗死区<sup>[4]</sup>。因此,针对急性脑梗死患者尽早恢复半暗带灌注具有重要意义。目前,临床诊断急性脑梗死以及缺血半暗带常采用影像学检查,包括 CT 以及 MRI,两者均可用于脑梗死相关诊断<sup>[5]</sup>。以往研究显示<sup>[6]</sup>,CT 灌注在脑梗死患者缺血半暗带具有良好的评估价值。同样有研究证实<sup>[7]</sup>,采用 DWI 检查,结合表观弥散系数(ADC)可鉴别患者脑梗死缺血半暗带。临床上有相关研究诸多,但多为 CT 灌注或 MRI 单独诊断,鲜有两者联合诊断的研究。鉴于此,为探究 CT 灌注联合 MRI 在急性脑梗死患者缺血半暗带中的诊断效果,本研究分析 152 例接受 CT 灌注检查以及 MRI 检查急性脑梗死患者临床资料,以期为临床快速准确诊断缺血半暗带提供参考,现报道如下。

## 1 资料与方法

### 1.1 一般资料

回顾性分析本院 2020 年 1 月—2022 年 1 月 152 例急性脑梗死患者临床资料。纳入标准:①年龄>18 岁;②符合急性缺血性脑卒中诊断标准<sup>[8]</sup>;③患者均接受 CT 灌注检查以及 MRI 相关检查;④发病至接受影像学检查时间在 6~24 h;⑤临床资料完整能满足研究需求。排除标准:①合并脑出血及其他脑部疾病者;②合并精神疾病者;③合并心、肝、肾等功能障碍者;④影像学资料或病理资料不完整者;⑤影像学资料质量较差者。本研究符合《赫尔辛基宣言》相关内容。152 例患者中,男 83 例,女 69 例,年龄 40~75(56.37±4.29)岁;所有患者在依次接受 CT 灌注、DWI 检查后,及时接受动脉取栓治疗,并于 30 d 后复查 CT 或 MRI。

### 1.2 检查方法

CT 灌注:采用西门子 64 层螺旋 CT 型 CT 灌注成像检查,先进行颅脑平扫,随后选取梗死中心层面,以 40 mm 层厚进行 CT 灌注扫描,通过高压注射器经静脉注射高浓度造影剂(碘帕醇 370)40 mL,随后注射 20 mL 生理盐水,注射造影剂后延迟 7 s 启动 CT 灌注成像扫描,参数设置:管电压 150 kV,管电流 200 mA,层厚 0.4 cm,间距 0.4 cm,获取原始图像后在工作站进行处理分析。

MRI 检查:采用美国 GE 公司 1.5T 超导型扫描仪进行 MR 检查,选用头部通道 8 线圈,成像序列包括常规横断面 SE 序列 T<sub>1</sub>WI, FSE 序列 T<sub>2</sub>WI, DWI, DWI 采用单次激发 EPI 序列,场强 40 mT/m,梯度场切换率 200 mT/(m·ms),重复时间(TR)10 000 ms,回波时间(TE)20 ms,视野(FOV)230 mm×230 mm,矩阵 128 mm×128 mm,层厚 0.5 cm,扩散敏感系数 b 值选取 0、1 000 s/mm<sup>2</sup>。

### 1.3 图像处理与分析

梗死核心区域以及缺血半暗带判定:对比发病时与复查 CT、MRI 结果。MRI:①发病时 DWI 与复查时 T<sub>2</sub>WI 均呈异常高信号区域即为梗死核心区域。②发病时 DWI 异常高信号区周围等信号而复查时 T<sub>2</sub>WI 呈高信号区域,或发病时 DWI 异常高信号而复查时 T<sub>2</sub>WI 呈正常信号区域即为缺血半暗带区<sup>[9]</sup>。CT 灌注:复查病灶区域脑血流灌注水平并与治疗前后 CT 灌注图像对比,血流灌注异常重叠区域即为梗死核心区域,未重叠部分即为缺血半暗带<sup>[10]</sup>。

CT 灌注图像:对比发病时 CT 灌注图像与复查时 CT 图像,以其中新增梗死面积为标准,采用软件包进行后处理,手动勾画病变侧感兴趣区,通过对侧镜像感兴趣区方式生成镜像区,选取脑梗死核心区、缺血半暗带区以及健侧对应区,利用 SVD+去卷积算法,生成脑血容量(CBV)、脑血流量(CBF)、平均通过时间(MTT)、达峰时间(TTP),经计算机伪彩处理后得到全脑横断面、矢状面及冠状面各参数灌注图。

MRI 图像:采用自制全自动图像分析系统进行后处理,以 DWI 图像为基础选取脑梗死核心区、缺血半暗带区以及健侧镜像区计算 ADC 值,脑梗死核心区及缺血半暗带区 ADC 值除以相对应对侧镜像区 ADC 值为 rADC。

分别由 2 名经验丰富神经科影像学诊断医师进行分析,分歧的诊断结果经讨论后最终得出一致结论。

### 1.4 统计学方法

采用 SPSS 25.0 软件进行数据统计与分析,符合正态分布或近似正态分布计量资料采用  $\bar{x} \pm s$  表示,多组间比较采用单因素方差分析,两两比较采用 *t* 检验;建立 Logistic 评估模型,依据所得回归系数 B,归一化加权计算并对应处理各样本资料,并据其进行联合应用的绘制受试者工作特征(ROC)曲线分析;以  $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 152 例患者 CT 灌注图像各区参数比较

不同分区 CBV、CBF、MTT、TTP 值存在显著差异( $P < 0.05$ )。梗死核心区 CBV、CBF 水平较健侧对应

区降低,MTT、TTP 水平较健侧对应区升高 ( $P<0.05$ ); 缺血半暗带区与健侧对应区 CBV 差异不显著,CBF 水平较健侧对应区降低,MTT、TTP 水平较

健侧对应区升高( $P<0.05$ )。缺血半暗带区 CBV、CBF 水平显著高于梗死核心区,MTT、TTP 水平低于梗死核心区( $P<0.05$ )。见表 1,图 1a~1f,2。

表 1 152 例患者 CT 灌注图像各区参数比较( $\bar{x}\pm s$ )

分区	CBV (mL/100 g)	CBF (mL/(100 g·min))	MTT (s)	TTP (s)
缺血半暗带区	2.10±0.75	6.79±2.08	16.26±5.01	18.44±5.91
梗死核心区	0.82±0.33 <sup>1</sup>	3.48±1.16 <sup>1</sup>	20.68±6.33 <sup>1</sup>	25.33±7.50 <sup>1</sup>
健侧对应区	2.38±0.34 <sup>2,3</sup>	10.68±2.77 <sup>1,3</sup>	10.09±1.05 <sup>1,3</sup>	14.11±5.28 <sup>1,3</sup>
<i>F</i>	400.801	443.806	194.673	122.633
<i>P</i>	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05

注:与缺血半暗带区相比,1: $P<0.05$ ,2: $P>0.05$ ;与梗死核心区相比,3: $P<0.05$ 。

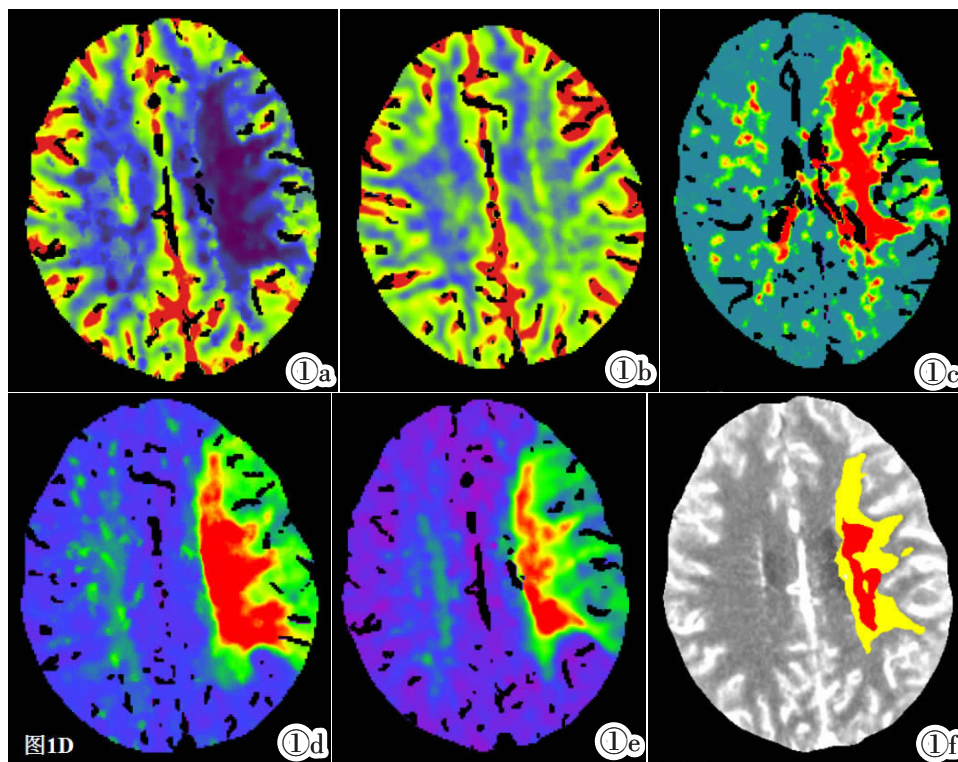


图 1a CBF。图 1b CBV。图 1c MTT。图 1d TTP。图 1e 对比剂到达所有组织的时间(TMAX)。图 1f 黄色为缺血半暗带区,红色为核心梗死区,周围为缺血半暗带(评估标准 TMAX>6 s, rCBF≤20%),梗死面积 4.83 cm<sup>2</sup>,缺血半暗带 24.78 cm<sup>2</sup>,半暗带所占比率(PRR)83.69%。

Figure 1a. CBF. Figure 1b. CBV. Figure 1c. MTT. Figure 1d. TTP. Figure 1e. Time-to-maximum (TMAX). Figure 1f. Yellow represents the ischemic penumbra and red represents the core infarct area, surrounded by ischemic penumbra (evaluation standard TMAX >6 s, rCBF ≤20%), with an infarct area of 4.83 cm<sup>2</sup> and ischemic penumbra of 24.78 cm<sup>2</sup>. PRR 83.69%.

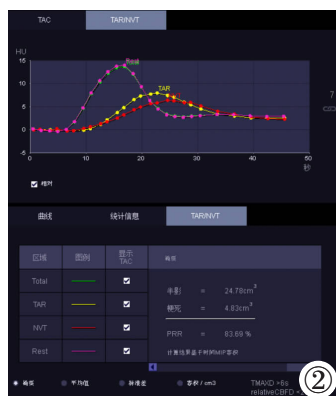


图 2 同一病人通过 syngo.Via cTNeuroPerfusion 软件分析(西门子医疗)能够全自动完成的一系列的神经灌注计算处理和计算得出数据得出病人左侧大脑半球脑梗死病灶,中央核心梗死区面积 4.83 cm<sup>3</sup>,缺血半暗带 24.78 cm<sup>3</sup>,PRR 为 83.96%(TMAX>6 s, rCBF 降低 20%)。

Figure 2. Same patient through syngo. Via cTNeuroPerfusion software analysis (Siemens Medical) can be fully automated to complete a series of nerve perfusion calculation processing and calculation of the data obtained from patients with left cerebral infarction lesions, the infarct area of the central core is 4.83 cm<sup>3</sup>, ischemic penumbra is 24.78 cm<sup>3</sup>, and the PRR of penumbra is 83.96%(TMAX>6 s, rCBF decreased 20%).

## 2.2 152 例患者 DWI 图像各分区 ADC 值比较

缺血半暗带与其健侧对应区 ADC 值比较差异无统计学意义( $P>0.05$ ),梗死核心区与健侧对应区 ADC 值比较差异有统计学意义( $F=32.329, P<0.05$ );缺血半暗带区 rADC 值显著高于梗死核心区 ( $F=206.379, P<0.05$ )。见表 2,图 3,4。

## 2.3 CT 灌注/MRI 单独诊断

CT 灌注参数中鉴别诊断缺血半暗带最高 AUC

值、敏感度、特异度分别为 0.992、97.37%、96.71%;MRI 参数中鉴别诊断缺血半暗带的最高 AUC 值、敏

表 2 152 例患者 DWI 图像各分区 ADC 值比较( $\bar{x}\pm s$ )

分区	ADC 值( $\times 10^{-4}$ mm <sup>2</sup> /s)	rADC
缺血半暗带区	9.75±3.26	0.98±0.11
梗死核心区	7.88±2.53	0.79±0.12
健侧对应区	10.01±1.42	-
<i>F</i>	32.329	206.379
<i>P</i>	<0.05	<0.05

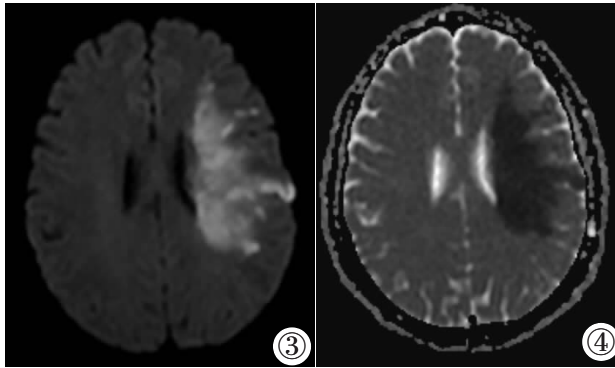


图 3,4 同一病人 MRI 检查 DWI 及 ADC 信号情况。

Figure 3, 4. DWI and ADC signals of the same patient receiving MRI.

表 3 CT 灌注/MRI 单独诊断

指标	AUC	Z 值	P 值	约登指数	临界值	敏感度	特异度
CBV	0.992 (0.974~0.999)	112.881	<0.001	0.941	≤1.309	97.37%	96.71%
CBF	0.943 (0.911~0.967)	32.024	<0.001	0.769	≤5.018	91.45%	85.53%
TTP	0.779 (0.728~0.825)	10.629	<0.001	0.447	>20.509	75.00%	69.74%
MTT	0.703 (0.648~0.754)	6.776	<0.001	0.336	>19.544	57.24%	76.32%
ADC	0.688 (0.632~0.739)	6.206	<0.001	0.303	>6.888	73.68%	56.58%
rADC	0.668 (0.612~0.721)	5.407	<0.001	0.290	>0.681	78.29%	50.66%

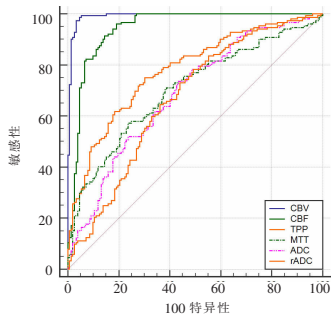


图 5 单独诊断 ROC 曲线图。

Figure 5. ROC curves of diagnosis with a single parameter.

表 4 CT 灌注与 MRI 联合诊断

变量	β	SE	wald χ <sup>2</sup> 值	OR 值	95%CI	P 值
常量	21.520	6.371	11.408	-	-	0.001
CBV	-12.269	0.357	11.781	0.000	0.000~0.005	0.001
CBF	-2.396	0.812	8.705	0.091	0.019~0.447	0.003
TPP	0.287	0.132	4.674	1.332	1.027~1.728	0.031

### 3 讨论

急性脑梗死主要是由于斑块栓塞引起的脑动脉闭塞所致脑组织急性缺血，在有效时间内进行溶栓治疗是其有效治疗方案<sup>[11]</sup>。而溶栓治疗的关键在于早期确定梗死范围以及缺血半暗带的区分<sup>[12]</sup>。因此对脑梗死缺血半暗带的评估是临床关注重点。目前，临床上对急性脑梗死缺血半暗带的评估常采用 DWI 联合磁共振灌注成像(PWI), PWI 与 DWI 不匹配区即为缺血半暗带, 但该方式需要注射对比剂、操作复杂, 因此检查耗时较长, 不利于患者早期治疗<sup>[13-14]</sup>。而有研究显示<sup>[15]</sup>, 采用全脑 CT 灌注可通过灌注图像

感度、特异度分别为 0.688、73.68%、56.58%, 见表 3, 图 5。

#### 2.4 CT 灌注与 MRI 联合诊断

Logistic 回归获得联合诊断模型, 公式为  $\text{Log}(P) = 21.520 - 12.269 \times \text{CBV} - 2.396 \times \text{CBF} + 0.286 \times \text{TTP}$ , AUC 为 0.999 (0.986~1.000), 约登指数 0.980, 临界值为 0.238, 敏感度、特异度分别为 100.00%、98.03%, 高于 CT 灌注/MRI 参数中单独诊断最高 AUC 值 0.992、0.688, 见表 4, 图 6。

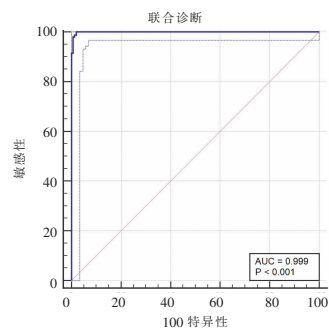


图 6 联合诊断 ROC 曲线图。

Figure 6. ROC curve of joint diagnosis.

各参数对缺血半暗带进行评估, 具有高效性与准确性。此外在梁风俊等<sup>[16]</sup>研究中证实, 在 DWI 基础上计算 ADC 值及 rADC 值可区分缺血半暗带以及梗死核心区。

本研究对两种方式进行分析发现, 在 CT 灌注中, 核心梗死区 CBV、CBF 高于健侧对应区, MTT、TTP 长于健侧对应区; 缺血半暗带区 CBV、CBF 均显著高于梗死核心区, MTT、TTP 显著短于梗死核心区; 脑梗死核心区 CBF 及 CBV 下降表明脑组织局部明显缺血, 而 MTT、TTP 延长表示脑组织血供出现障碍, 综合表明脑组织出现不可逆坏死病变; 而在缺血半暗带区人体血管自身调节机制仍可发挥作用, 可通过小血管扩张维持正常血流, 因此导致与梗死核心区参数存在差异, 可作为判断缺血半暗带区标准<sup>[17-18]</sup>。而在 MRI 中, 缺血半暗带区 rADC 值显著高于梗死核心区; 此外本研究显示 CT 灌注/MRI 各参数指标单独诊断鉴别缺血半暗带均具有显著的诊断

效能。分析其原因,DWI 可通过水分子的扩散情况实现诊断,其 ADC 值是反应弥散特性的参数指标;当水分子扩散运动减弱时,ADC 显示异常低信号,DWI 表现异常高信号;在脑梗死早期,患者神经元细胞缺血、缺氧,细胞膜上相关酶失活,导致细胞外水分子可进入细胞内,神经元细胞肿胀,细胞外间隙减小,进而导致细胞外水分子运动受阻,同时进入细胞内的水分子由于细胞器及细胞膜等阻碍,内部水分子弥散程度增加也不显著,因此总体缺血脑组织水分子弥散程度呈减小趋势,进而梗死区呈现 DWI 高信号、ADC 低信号<sup>[19-20]</sup>;而在缺血半暗带区,此区域内人体血管调节机制尚存,属于活体组织,因此区域 ADC 值受细胞内外水黏滞度、细胞膜通透性、血管搏动、血流等多因素影响,进而导致缺血半暗带区 ADC 值与健侧对应区差异不大,但显著高于梗死核心区<sup>[19]</sup>。CT 灌注与 MRI 均可良好准确评估急性脑梗死半暗带。为了进一步提高诊断效果,本研究将两者联合用于评估缺血半暗带发现,联合诊断 AUC 为 0.999 (0.986~1.000),约登指数 0.980,临界值为 0.238,敏感度、特异度分别为 100.00%、98.03%,高于 CT 灌注/MRI 各参数指标单独诊断水平;提示采用 CT 灌注联合 MRI 评估急性脑梗死缺血半暗带效能较高,具有良好敏感度与特异度,可作为临床参考。急性脑梗死患者可分为超急性期、急性期、亚急性期以及慢性期,但本研究局限性在于并未对急性脑梗死患者进行分类研究,因此不同时期的急性脑梗死患者相关 CT、MRI 参数指标可能存在差异,拟在下一阶段进一步展开研究。

综上所述,在急性脑梗死缺血半暗带评估中运用 CT 灌注联合 MRI 评估具有较高的评估价值,敏感度以及特异度均处于较高水平,可推广用于急性脑梗死患者缺血半暗带评估,为患者进行早期溶栓治疗,改善患者预后。

#### [参考文献]

[1]谷强,余孝君,张津. 高龄与中低龄老年轻型缺血性脑卒中临床特点及预后分析[J]. 首都医科大学学报,2022,43(3):474-479.  
 [2]王浩,白璇,蔺慕会. 急性缺血性脑卒中患者认知功能改变与血清 ICAM-18-iso-PGF2 $\alpha$  表达水平的相关性分析 [J]. 中风与神经疾病杂志,2022,39(1):46-51.  
 [3]王德生,苏庆杰,夏诗亮,等. CT 灌注成像参数与前循环急性缺血性脑卒中静脉溶栓患者临床转归的相关性 [J]. 中国现代医学杂志,2022,32(13):8-14.

[4]张苗,卢洁. 急性脑梗死患者影像缺血半暗带的临床评价策略 [J]. 中国脑血管病杂志,2021,18(4):217-222.  
 [5]厉青,徐元,倪健强,等. CT 和 MRI 诊断老年多发性脑梗死的价值 [J]. 中国老年学杂志,2021,41(8):1589-1591.  
 [6]张哲宇,徐良额,江秉泽,等. 基于 CT 灌注成像评估侧支循环在急性缺血性脑卒中中取栓前后脑梗死进展及预后评估中的应用[J]. 中华神经医学杂志,2021,20(1):8-15.  
 [7]张茹,朱政铸,朱丽,等. 基于 ADC 图的影像学组模型在判断急性缺血性脑卒中缺血半暗带的价值 [J]. 中华放射学杂志,2021,55(4):383-389.  
 [8]汪训粉,张敏,张志翔,等. 颅内动脉延长扩张症与急性缺血性脑卒中患者 TOAST 分型的相关性研究 [J]. 中华老年心脑血管病杂志,2022,24(11):1159-1163.  
 [9]徐海峰,陈克敏,张永利,等. 磁共振弥散加权成像联合灌注加权成像预测肿瘤样脑梗死最终梗死体积的价值[J]. 实用临床医药杂志,2021,25(11):4-7;38.  
 [10]宋青泽,尹宏宇,张继. 基于 RAPID 软件 CT 灌注参数评估急性缺血性脑卒中患者侧支循环 [J]. 中国介入影像与治疗学,2022,19(8):481-486.  
 [11]郭园丽,马珂珂,杨彩侠,等. 急性缺血性脑卒中患者及代理决策者溶栓决策的质性研究[J]. 护理学杂志,2021,36(16):43-46.  
 [12]田冰,侯雨希,田霞,等. 不明原因栓塞性脑卒中患者的栓塞原因及影像学特征探讨[J]. 第二军医大学学报,2022,43(1):29-34.  
 [13]许超,冯天保. 不同时期脑梗死 DWI、PWI 成像特征及其缺血半暗带的鉴别诊断价值研究 [J]. 中国 CT 和 MRI 杂志,2021,19(8):11-14.  
 [14]朱晨,邓才洪,赵洪鉴,等. 磁敏感加权成像和弥散加权成像界定脑卒中急性期缺血半暗带及其与灌注加权成像的临床意义研究 [J]. 中国医学装备,2020,17(9):64-68.  
 [15]赵松,张智琴,刘岩,等. 全脑 CT 灌注成像诊断小体积急性脑梗死及其评估病灶体积与弥散加权成像的相关性 [J]. 中国医学影像技术,2022,38(8):1157-1161.  
 [16]梁凤俊,杜菊梅,申艳方,等. MRI 扫描 ADC 值及 PWI 对评估脑梗死患者脑组织缺血程度可行性研究[J]. 中国 CT 和 MRI 杂志,2021,19(7):12-14.  
 [17]汪林刚,冯波,俞蓉蓉. 全脑 CT 灌注成像联合头颈部 CT 血管造影用于急性缺血性脑卒中的诊断价值 [J]. 中国基层医药,2020,27(4):408-411.  
 [18]尚桐羽,陈首名,张蕾,等. CT 灌注成像对急性缺血性脑卒中患者脑组织血流灌注情况、脑侧支血循环状态及责任血管狭窄的评估价值[J]. 分子影像学杂志,2022,45(5):749-753.  
 [19]方雷,孙慧芹,李洪凤. DWI 联合 FLAIR-HVS 对 ACI 缺血半暗带存活性及神经功能缺损程度的研究 [J]. 影像科学与光化学,2022,40(6):1607-1611.  
 [20]刘海静,尹继磊,王丽坤. 3D-ASL 联合弥散加权成像、血管成像可准确评估急性缺血性脑梗死患者的缺血半暗带区域 [J]. 分子影像学杂志,2022,45(6):880-884.  
 [21]邵兆琴,黄清玲,朱万荣,等. 三维 ASL 联合 DWI 评估急性脑梗死患者缺血性半暗带及预后 [J]. 中国医学影像技术,2020,36(9):1292-1296.