

本文引用: 张亮, 代向党, 王赢, 等. 98 例内分水岭脑梗死患者 MRI 影像学类型分布及临床特点分析[J]. 中国动脉硬化杂志, 2022, 30(1): 49-53.

[文章编号] 1007-3949(2022)30-01-0049-05

· 临床研究 ·

## 98 例内分水岭脑梗死患者 MRI 影像学类型分布及临床特点分析

张亮<sup>1</sup>, 代向党<sup>1</sup>, 王赢<sup>1</sup>, 乔继红<sup>1</sup>, 刘俊启<sup>2</sup>

(1. 驻马店市中心医院放射科, 河南省驻马店市 463000; 2. 郑州大学第一附属医院放疗科, 河南省郑州市 450052)

[关键词] 内分水岭脑梗死; 磁共振成像; 梗死类型; 临床特点; 影像学表现

[摘要] 目的 探讨内分水岭脑梗死(IWSI)患者磁共振成像(MRI)影像学类型分布和临床特点。方法 回顾性分析 2017 年 6 月—2018 年 12 月间收治的 98 例 IWSI 患者临床资料, 所有患者均进行 MRI 检查和弥散加权成像(DWI)。评估 IWSI 患者 MRI 影像学类型分布、临床特点, 评估患者临床疗效[美国国立卫生研究院卒中量表(NIHSS)]及预后转归[改良 Rankin 量表(mRS)]。结果 ①融合型表现为侧脑室旁雪茄样病灶, 共 44 例(44/98, 44.90%); 局灶型表现为单个类圆形病灶, 共 37 例(37/98, 37.76%); 串珠型表现为脑分水岭区的多发串珠样病灶, 共 17 例(17/98, 17.35%); ②IWSI 患者 T1WI 序列呈低信号, T2WI 序列呈高信号改变, 部分出血性脑梗死患者 T1WI 序列低信号中可见有高信号改变; ③融合型 IWSI 合并皮层分水岭脑梗死(CWSI)比例高于局灶型和串珠型 IWSI ( $P < 0.05$ ), 融合型 IWSI 大脑中动脉中度及以上狭窄比例小于局灶型和串珠型 IWSI ( $P < 0.05$ ), 局灶型 IWSI 斑块发生情况及不稳定性斑块比例均明显低于融合型、串珠型 IWSI ( $P < 0.05$ ); ④不同类型 IWSI 入院时 NIHSS 得分、好转率、随访 6 个月 mRS 得分差异均无统计学意义 ( $P > 0.05$ ), 局灶型 IWSI 入院 1 周后 NIHSS 得分低于融合型和串珠型 IWSI 患者 ( $P < 0.05$ )。结论 IWSI 患者融合型占比最高, 不同影像学类型的临床特点存在差异, 融合型 IWSI 较易合并 CWSI、大脑中动脉狭窄程度更高, 临床可结合 MRI 结果对 IWSI 作出相应诊断。

[中图分类号] R741

[文献标识码] A

### Analysis of MRI imaging type distribution and clinical characteristics of 98 patients with internal watershed cerebral infarction

ZHANG Liang<sup>1</sup>, DAI Xiangdang<sup>1</sup>, WANG Ying<sup>1</sup>, QIAO Jihong<sup>1</sup>, LIU Junqi<sup>2</sup>

(1. Department of Radiology, Zhumadian Central Hospital, Zhumadian, Henan 463000, China; 2. Department of Radiotherapy, the First Affiliated Hospital of Zhengzhou University, Zhengzhou, Henan 450052, China)

[KEY WORDS] internal watershed cerebral infarction; magnetic resonance imaging; infarction types; clinical characteristics; imaging manifestations

[ABSTRACT] **Aim** To investigate the imaging type distribution and clinical characteristics of magnetic resonance imaging (MRI) in patients with internal watershed cerebral infarction (IWSI). **Methods** The clinical data of 98 patients with IWSI admitted between June 2017 and December 2018 were retrospectively analyzed. All patients underwent MRI and diffusion-weighted imaging (DWI). The MRI imaging type distribution and clinical characteristics were evaluated among patients with IWSI, and the clinical efficacy (National Institutes of Health Stroke Scale (NIHSS)) and prognosis and outcomes (Modified Rankin Scale (mRS)) were evaluated among the patients. **Results** The fusion type showed periventricular cigar-like lesions, 44 cases (44/98, 44.90%) in total. The focal type showed single quasi-circular lesions, 37 cases (37/98, 37.76%) in total. Beaded type presented as multiple bead-like lesions in brain watershed area, 17 cases (17/98, 17.35%) in total. T1WI sequence of patients with IWSI showed low signal, and T2WI sequence showed high signal change, and T1WI sequence low signal in some patients with hemorrhagic cerebral infarction

[收稿日期] 2021-03-12

[修回日期] 2021-10-20

[基金项目] 国家自然科学基金资助项目(81703158)

[作者简介] 张亮, 硕士, 副主任医师, 主要研究方向为肿瘤影像诊断, E-mail 为 121224759@qq.com。通信作者刘俊启, 博士, 副主任医师, 主要研究方向为肿瘤放射性治疗, E-mail 为 14528968@qq.com。

showed a high signal change. The proportion of combination of cortical watershed cerebral infarction (CWSI) of fusion IWSI was higher than that of focal and beaded IWSI ( $P < 0.05$ ), and the proportion of moderate or above middle cerebral artery stenosis of fusion IWSI was less than that of focal and beaded IWSI ( $P < 0.05$ ). The occurrence of plaques and the proportion of unstable plaques of focal IWSI were significantly lower than those of fusion and beaded IWSI ( $P < 0.05$ ).

There were no statistically significant differences in the NIHSS scores at admission, improvement rate and mRS scores at 6 months of follow-up among different types of IWSI ( $P > 0.05$ ), and the NIHSS scores at 1 week after admission of focal IWSI was lower than that of patients with fusion and beaded IWSI ( $P < 0.05$ ). **Conclusions** Patients with fusion IWSI have the highest proportion, and there are differences in the clinical characteristics among different imaging types. Fusion IWSI is more likely to be complicated with CWSI and has a higher middle cerebral artery stenosis. Clinical diagnosis of IWSI can be made based on MRI results.

分水岭脑梗死 (watershed infarction, WSI) 是指发生在 2 条或者 2 条以上脑动脉以及两组深穿支供血区之间边缘带的梗死, WSI 约占所有脑梗死的 10%<sup>[1]</sup>。根据动脉分布特点, WSI 可分为皮层分水岭脑梗死 (cortical watershed cerebral infarction, CWSI) 和内分水岭脑梗死 (internal watershed cerebral infarction, IWSI)。既往对于 WSI 的临床特征及病因分析多从 CWSI 和 IWSI 两种类型进行, 但有报道显示, IWSI 患者更易发生进展性脑梗死, 究其原因, 可能是因为皮层下深部为深穿支提供血供, 其多为终末血管, 侧支循环代偿能力差, 一旦发生缺血则更容易进展<sup>[2]</sup>。因此, 当发生 IWSI 时, 更需早期诊断和积极治疗, 及时识别 IWSI 对临床治疗、疗效评估及预后预测等均有积极意义。磁共振成像 (magnetic resonance imaging, MRI) 是临床应用率较高的一种影像学检查方法, 某些特定成像方法如弥散加权成像 (diffusion weighted imaging, DWI) 和敏感加权成像 (sensitive weighted imaging, SWI) 等功能成像方法, 有良好的软组织辨别能力。还有研究指出, 颅脑 MRI 在脑梗死早期诊断中效果优于颅脑计算机断层扫描 (computed tomography, CT), 在发现微小病灶、提高病变检出率等更具有临床优势<sup>[3]</sup>。MRI 应用于 IWSI 已有相关报道, 但其中对于更加细致划分 IWSI 类型的相关研究较少, 通过 MRI 对 IWSI 进行更加深入的类型划分, 并且对比不同影像学类型的占比情况、临床特点及近期治疗结果, 有利于临床给予 IWSI 患者更为科学有效的治疗措施, 基于此, 本研究回顾性分析 98 例 IWSI 患者临床资料, 以探究 IWSI 类型分布、临床特点和 MRI 影像学表现, 报道如下。

## 1 资料和方法

### 1.1 一般资料

回顾性分析 2017 年 6 月—2018 年 12 月间收治

的 98 例 IWSI 患者临床资料。纳入标准: 经颅脑 MRI 和临床症状、体征提示 IWSI 者; 患者年龄  $> 18$  岁者。排除标准: 肝肾功能不全者; 既往有脑梗死、脑出血疾病史或其他颅脑疾病者; 心房颤动、心肌梗死等心脏疾病所致的心源性脑梗死者。98 例 IWSI 患者中男性 64 例、女性 34 例, 年龄 52 ~ 82 岁、平均  $(64.16 \pm 10.20)$  岁。本研究符合卫生部《涉及人的生物医学研究伦理审查办法 (试行)》及赫尔辛基宣言关于生物学人体试验的相关规定。

### 1.2 检查方法

所有患者均进行 MRI 检查和 DWI 检查。使用 SIEMENS 公司生产的 ACANTO 1.5T MRI, 均采用 1.5T MRI 扫描仪和头颅 12 通道正交线圈, 行横断位 T1WI 序列, 扫描参数: TR 2 025 ms、TE 8.4 ms、层厚 5 mm、FOV 193 mm  $\times$  230 mm、矩阵 320  $\times$  201; 行横断位 T2WI 序列, 扫描参数: TR 4 000 ms、TE 94 ms、层厚 5 mm、FOV 193 mm  $\times$  230 mm、矩阵 320  $\times$  201; 行冠状位 T2 液体衰减反转回复序列 (fluid attenuated inversion recovery, FLAIR), 扫描参数: TR 8 500 ms、TE 94 ms、层间隔 1.5 mm、层厚 5 mm、FOV 193 mm  $\times$  230 mm、矩阵 320  $\times$  201; 横断位 DWI 检查, 扫描参数: TR 2 900 ms、TE 84 ms、层间隔 1 mm、层厚 5 mm、FOV 230 mm  $\times$  230 mm、矩阵 128  $\times$  128, b 值取 0 s/mm<sup>2</sup>、1 000 s/mm<sup>2</sup>。患者行头颅及颈部 MRI 血管成像 (magnetic resonance angiography, MRA) 评估大脑中动脉、颈内动脉有无狭窄及狭窄程度, 采用北美颈动脉内膜剥脱术实验 (North American carotid endarterectomy trial, NASCET) 标准, 狭窄程度 = (狭窄远端直径 - 最小残余直径) / 狭窄远端直径  $\times$  100%, 0 ~ 29% 为轻度狭窄, 30% ~ 69% 为中度狭窄, 70% ~ 99% 为重度狭窄,  $> 99\%$  为闭塞前状态或血管闭塞<sup>[4]</sup> (图 1)。

### 1.3 评估方法

所有 MRI 图像资料均由两名临床经验丰富的

放射科医师进行分析,盲法阅片,讨论对各序列图像诊断取得一致判断意见。

#### 1.4 评估标准

采用美国国立卫生研究院卒中量表(National Institutes of Health Stroke Scale,NIHSS)评估临床疗效,NIHSS得分包括意识水平、凝视、视野、面瘫、上下肢运动、共济失调等,得分越高表示患者病情越严重,NIHSS评分改善 $\geq 2$ 分为病情好转<sup>[5]</sup>。改良Rankin量表(Modified Rankin Scale,mRS)<sup>[6]</sup>分为0级(完全没有症状)、1级(尽管有症状,但未见明显残障,能完成所有经常从事的职责和活动)、2级(轻度残障,不能完成所有以前能从事的活动,但能处理个人事务而不需帮助)、3级(中度残障,需要一些协助,但行走不需要协助)、4级(重度残障,离开他人协助不能行走,以及不能照顾自己的身体需要)、5级(严重残障,卧床不起,大小便失禁,须持续护理和照顾)、6级(死亡)。

#### 1.5 观察指标

所有患者均进行MRI检查和DWI。评估IWSI患者类型分布、临床特点及MRI影像学表现,评估患者临床疗效(NIHSS)及预后转归(mRS)。

#### 1.6 统计学方法

采用SPSS19.0统计软件进行数据分析,计量

数据以 $\bar{x} \pm s$ 表示,两组间比较行 $t$ 检验,多组组间比较行方差分析,计数资料以例数和百分比表示,组间比较行 $\chi^2$ 检验, $P < 0.05$ 表示差异有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 IWSI患者各类型分布

98例IWSI患者均获得有效影像学资料,根据MRI影像将患者分为融合型IWSI、局灶型IWSI和串珠型IWSI。融合型表现为侧脑室旁雪茄样病灶,共44例(44/98,44.90%);局灶型表现为单个类圆形病灶,共37例(37/98,37.76%);串珠型表现为脑分水岭区的多发串珠样病灶,共17例(17/98,17.35%)。

### 2.2 不同类型IWSI患者临床特点对比

融合型、局灶型、串珠型IWSI患者病灶单双侧、合并高血压病史、合并高血脂病史、合并糖尿病病史差异均无统计学意义( $P > 0.05$ ),融合型IWSI合并CWSI比例高于局灶型和串珠型IWSI( $P < 0.05$ ),融合型IWSI大脑中动脉中度及以上狭窄比例小于局灶型和串珠型IWSI( $P < 0.05$ ),局灶型IWSI斑块发生情况及不稳定性斑块比例均明显低于融合型、串珠型IWSI( $P < 0.05$ ;表1)。

表1. 不同类型IWSI患者临床特点对比

Table 1. Comparison of clinical characteristics of patients with different types of IWSI 单位:例(%)

临床特点	<i>n</i>	融合型 IWSI ( <i>n</i> =44)	局灶型 IWSI ( <i>n</i> =37)	串珠型 IWSI ( <i>n</i> =17)	$\chi^2$	<i>P</i>
病灶单双侧					2.872	0.238
单侧	91	43(97.73)	33(89.19)	15(88.24)		
双侧	7	1(2.27)	4(10.81)	2(11.76)		
合并 CWSI	29	21(72.41)	6(20.69) <sup>a</sup>	2(6.90) <sup>a</sup>	12.716	0.002
高血压	65	32(72.73)	22(59.46)	11(64.71)	1.608	0.447
高血脂	29	18(40.91)	7(18.92)	4(23.53)	5.028	0.081
糖尿病	36	18(40.91)	12(32.43)	6(35.29)	0.640	0.726
大脑中动脉中度及以上狭窄	25	4(9.09)	13(35.14) <sup>a</sup>	8(47.16) <sup>a</sup>	12.200	0.002
斑块情况					6.440	0.000
无斑块	37	14(31.82)	19(61.35)	4(23.53) <sup>ab</sup>		
稳定性斑块	22	9(20.45)	9(24.32)	4(23.53)		
不稳定性斑块	39	21(47.73)	9(24.32) <sup>a</sup>	9(52.94) <sup>b</sup>		

注:a为 $P < 0.05$ ,与融合型IWSI相比;b为 $P < 0.05$ ,与局灶型IWSI相比。

### 2.3 IWSI影像学表现

MRI显示:IWSI梗死病灶发生于大脑前、中、后动脉皮层支与深穿支的边缘带,多位于顶颞枕交界

区呈楔状;有29例患者合并CWSI,皮层病灶和IWSI病灶同时存在;T1WI序列呈低信号,T2WI序列呈高信号改变,部分出血性脑梗死患者T1WI序

列低信号中可见有高信号改变(图2)。

#### 2.4 IWSI 患者临床疗效及预后状况

98 例患者经治疗后无死亡病例,均随访 6 个月获得近期预后情况。不同类型 IWSI 入院时 NIHSS

得分、好转率、随访 6 个月 mRS 得分差异均无统计学意义( $P>0.05$ ),局灶型 IWSI 入院 1 周后 NIHSS 得分低于融合型和串珠型 IWSI 患者( $P<0.05$ ;表 2)。

表 2. IWSI 患者临床疗效及预后状况

Table 2. Clinical efficacy and prognosis status of patients with IWSI

分组	n	NIHSS 得分		好转率/[例(%)]	随访 6 个月 mRS 得分
		入院时	入院 1 周后		
融合型 IWSI	44	4.82±2.69	3.47±2.55	8(18.18)	2.56±1.17
局灶型 IWSI	37	4.29±1.98	2.66±1.26 <sup>a</sup>	9(24.32)	2.14±1.12
串珠型 IWSI	17	4.75±2.50	3.36±1.22 <sup>b</sup>	3(17.65)	2.61±1.21
$t/\chi^2$		0.521	3.644	0.563	1.628
P		0.595	0.030	0.755	0.202

注:a 为  $P<0.05$ ,与融合型 IWSI 相比;b 为  $P<0.05$ ,与局灶型 IWSI 相比。

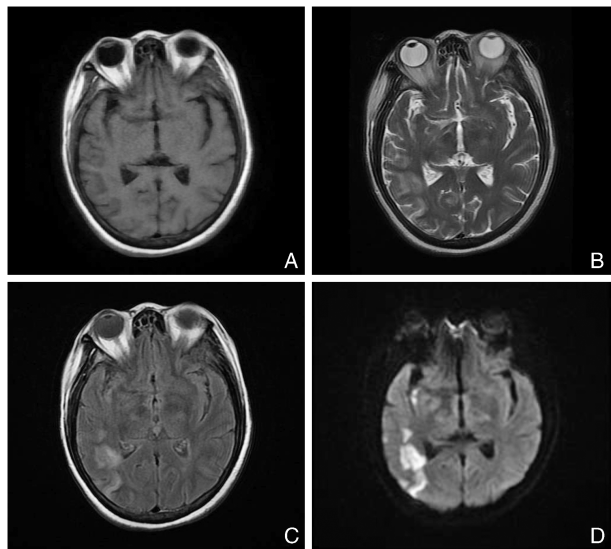


图 1. 64 岁单侧串珠型 IWSI 女性患者 MRI 图像

A 为 MRI T1WI 序列;病灶未见明显改变;B 和 C 为 MRI T2WI 及 T2FLAIR 序列;病灶呈高信号改变;D 为 DWI 序列;病灶明确显示高信号改变。

Figure 1. MRI images of a 64-year-old female patient with unilateral beaded IWSI

### 3 讨论

相关文献指出,CWSI 与 IWSI 有不同的脑血流动力学特点及临床特征,低灌注是 IWSI 重要的诱发因素,其与患者预后有关<sup>[7]</sup>。以 IWSI、MRI 等作为关键词在文献库中进行搜索,近年相关研究并不多见。有研究基于 MRI 血管造影发现,串珠型 IWSI 患者的发生更倾向于大脑中动脉主干病变,且大脑中动脉闭塞更易发生串珠型 IWSI<sup>[8]</sup>。而有研究显



图 2. 48 岁融合型 IWSI 男性患者 3D-TOF-MRA

扫描图像 MIP 重建图像

左侧大脑中动脉 M1 段明显狭窄,狭窄率约为 85%。

Figure 2. MIP reconstruction of 3D-TOF-MRA scanning images of a 48-year-old fusion IWSI male patient

示,不同类型 IWSI 均与大脑中动脉狭窄密切相关,其中融合型 IWSI 是颈内动脉狭窄发生的有效预测因子<sup>[9]</sup>。上述研究说明不同类型 IWSI 患者均与大脑中动脉、颈内动脉血流动力学障碍有关,但不同类型 IWSI 与不同动脉狭窄间相关性存在差异。MRI 发现并诊断脑梗死病灶能力较强,因此本研究评估 IWSI 不同类型间的差异,并评估患者疗效及预后。

本研究结果显示,98 例 IWSI 患者中融合型 IWSI 占比最高,约 45%;串珠型 IWSI 占比最低,约 17%。本研究中融合型 IWSI 略低于相关研究<sup>[10]</sup>,考虑与不同研究样本选取差异相关。既往研究中常将 IWSI 分为融合型和局灶型<sup>[11]</sup>,即将局灶型 IWSI 单发或多发划分为一类。鞠卫萍等<sup>[12]</sup>的研究中也仅将 IWSI 分为融合病灶型和非融合病灶型,通过微栓子形成的量将其进行细化分型。而本研究



中,将 IWSI 分为融合型、局灶型及串珠型三类,考虑局灶型与串珠型由于病灶累及范围、病灶大小等原因,可能在临床疗效及预后方面存在差异。在不同类型 IWSI 临床特点中,本研究数据显示,各类型病灶单双侧及合并高血压、糖尿病、高血脂等基础病史比例均无统计学意义,这表明基础病史并不是影响患者 IWSI 类型的因素。但本研究还发现,融合型 IWSI 患者合并 CWSI 比例显著高于局灶型和串珠型患者。WSI 的发病机制在于血流低灌注与栓子的共同作用所致,血流的减慢促进血管中微栓子的产生,而微栓子也会影响受影响血管的血流动力学<sup>[13]</sup>。IWSI 对脑血管低灌注十分敏感,CWSI 由于侧支循环结构更丰富,因此受血管狭窄部位斑块脱落栓塞影响更大。本研究中融合型 IWSI 合并 CWSI 比例更高,可能与伴狭窄部位斑块脱落比例更大相关。且融合型 IWSI 表现出更低的大脑中动脉狭窄比例,说明大脑中动脉狭窄在融合型 IWSI 发生中起重要作用。方瑞乐等<sup>[14]</sup>的研究结果中,缺血性卒中内分水岭梗死患者中融合组的大脑中动脉严重狭窄比例高于局灶组及串珠组,与本研究结果一致。张铭思等<sup>[15]</sup>研究结果也显示,大脑中动脉重度狭窄或闭塞患者脑梗死病灶类型以分水岭梗死为主。IWSI 与大脑中动脉终末血管缺血有一定关系,当动脉壁形成溃疡或不稳定性斑块时,斑块易引起栓塞,而稳定性斑块不易脱落导致栓塞。本研究中存在斑块的患者为 61 例,其中 39 例为不稳定性斑块,三组斑块发生情况比较差异有统计学意义,提示融合型和串珠型 IWSI 斑块存在的比例更高,且不稳定性斑块的比例更高。

本研究影像学结果显示,IWSI 的典型表现为 T1WI 序列低信号和 T2WI 序列高信号改变。在临床疗效和近期预后方面,本研究数据显示,不同类型 IWSI 入院时 NIHSS 得分均相近,这说明 IWSI 类型与脑梗死患者病情严重程度不相关。但入院 1 周后,本研究观察到局灶型 IWSI 患者 NIHSS 得分低于融合型和串珠型 IWSI 患者,表示局灶型 IWSI 患者近期临床疗效更佳。推测其原因,串珠型和局灶型 IWSI 均属于非融合型 IWSI,但局灶型 IWSI 为单发病灶,其病灶面积多小于融合型和串珠型 IWSI,脑组织受累区域更小,因此近期预后状况更好。同时,回溯各类型临床特点也发现,局灶型 IWSI 患者大脑中动脉、颈内动脉中度及以上狭窄占比均低于其他两类型 IWSI,因此局灶型 IWSI 与动脉狭窄相关性更弱。随访 6 个月后,局灶型 IWSI 的 mRS 得分略低于其他两类型 IWSI 患者,但组间差异未达统

计学意义。

综上所述,98 例 IWSI 患者中融合型 IWSI 占比最高,且较易合并 CWSI 及大脑中动脉狭窄程度更高;不同类型的 IWSI 患者近期疗效不同,局灶型 IWSI 近期疗效要优于融合型和串珠型 IWSI 患者,对于 IWSI 的影像学检查可将 MRI 作为早期诊断的首选检查,并常规进行脑血管造影尽快明确病因分型,选择规范化治疗方案,改善患者预后。

#### [参考文献]

- [1] CHENOUARD A, TOULGOAT F, ROLLAND A, et al. Right watershed cerebral infarction following neck cannulation for veno-arterial extracorporeal membrane oxygenation in pediatric septic shock: a case series[J]. *Perfusion*, 2021, 36(3): 293-298.
- [2] IMEK F, Tosunolu R. Massive cerebral venous thrombosis and venous watershed infarction as late complications of COVID-19: a case report[J]. *Neurol Sci*, 2021, 42(11): 4421-4423.
- [3] 朱超,翟建,王诗卉,等. 磁共振波谱在脑梗死患者住院治疗前后的应用[J]. *中国医学影像学杂志*, 2019, 27(4): 254-257.
- [4] NORTH AMERICAN SYMPTOMATIC CAROTID ENDARTERECTOMY TRIAL COLLABORATORS. Beneficial effect of carotid endarterectomy in symptomatic patients with high-grade carotid stenosis[J]. *N Engl J Med*, 1991, 325(7): 445-453.
- [5] 陈海云,何超明. 丁苯酞联合依达拉奉治疗通过降低颈动脉内膜中膜厚度改善老年急性脑梗死患者神经功能[J]. *中国动脉硬化杂志*, 2019, 27(1): 65-68.
- [6] 张磊,刘建民. 改良 Rankin 量表[J]. *中华神经外科杂志*, 2012, 28(5): 512.
- [7] 刘振宝,杨位霞,姜玉龙,等. 内分水岭脑梗死患者 FLAIR 血管高信号征与预后及认知功能障碍的相关性[J]. *中华行为医学与脑科学杂志*, 2020, 29(1): 66-69.
- [8] 李论,李贵学,雷杰. CWSI 与 IWSI 临床特征及总体预后的相关因素分析[J]. *卒中与神经疾病*, 2020, 27(1): 82-84.
- [9] 杨梅,阮超,陈敬菊,等. 分水岭脑梗死患者血管内治疗的长期疗效观察[J]. *中风与神经疾病杂志*, 2019, 36(3): 229-232.
- [10] XU W, XIE N, ZHANG C, et al. Imaging characteristics and pathogenesis of intracranial artery stenosis in patients with acute cerebral infarction[J]. *Exp Ther Med*, 2018, 15(5): 4564-4570.
- [11] 李焕峰,谭丽双,胡晓丽. 不同分型分水岭脑梗死的 CT 脑灌注情况 & VEGF、VIP 水平变化的研究[J]. *医学影像学杂志*, 2018, 28(11): 1786-1790.
- [12] 鞠卫萍,于永鹏. 不同亚型分水岭脑梗死患者血浆溶血磷脂酸水平变化及意义[J]. *山东医药*, 2015, 55(29): 7-9.
- [13] 王林玉,管生,韩坤强,等. 评估分水岭脑梗死患者侧支代偿对早期神经功能的影响[J]. *中国实用神经疾病杂志*, 2019, 22(13): 1399-1404.
- [14] 方瑞乐,马跃涛,濮月华,等. 内分水岭脑梗死各亚型影像学特点分析[J]. *山东医药*, 2011, 51(27): 36-37.
- [15] 张铭思,黎红华,陈信坚,等. 大脑中动脉重度狭窄或闭塞患者脑梗死病灶类型与 CT 灌注成像分析[J]. *临床神经病学杂志*, 2019, 32(4): 268-272.

(此文编辑 许雪梅)