·论著·

基于MRI评价近期皮质下小梗死患者梗死负担与早期神经功能恶化的相关性

吴佳健[1],邱崇荣[2],刘晓春[1],黄子宸[1]
(1.赣南医科大学第三附属医院内科,江西 赣州 341000;2.南方医院赣州医院(赣州市人民医院)急诊科,江西 赣州 341000)

摘要 目的 基于头颅磁共振成像(MRI)评价指标探讨近期皮质下小梗死(RSSI)患者的梗死负担与早期神经功能恶化的相关性,并分析其联合临床因素对不良结局的预测价值。**方法** 选取2021年8月至2023年5月间于赣南医科大学第三附属医院(n = 82)和赣州市人民医院(n = 128)住院治疗的RSSI患者,根据患者入院后美国国立卫生研究院卒中量表(NIHSS)评分是否增加≥2分,分为恶化组(n = 41)和无恶化组(n = 169),使用医院电子病历系统收集患者入院24 h内采集的3.0T MRI评价指标和一般临床资料,通过单因素分析及多因素logistic回归分析RSSI患者早期神经功能恶化的独立影响因素,采用受试者操作特征(ROC)曲线分析RSSI患者的梗死负担相关的MRI评价指标及其他临床影响因素对早期神经功能恶化的评估价值。**结果** 单因素分析及多因素logistic回归分析结果显示,MRI评价指标中的梗死直径、梗死层面、脑室周围Fazekas评分、深部Fazekas评分,以及临床资料中的年龄、发病至治疗时间、高密度脂蛋白胆固醇(HDL-C)水平、合并糖尿病均是早期神经功能恶化的独立危险因素(P < 0.05)。ROC曲线分析结果显示,梗死直径[曲线下面积(AUC)=0.782,95%*CI*:0.696~0.868,P < 0.001]、梗死层面(AUC=0.774,95%*CI*:0.692~0.857,P < 0.001)、脑室周围Fazekas评分(AUC=0.819,95%*CI*:0.737~0.901,P < 0.001)、深部Fazekas评分(AUC=0.814,95%*CI*:0.737~0.891,P < 0.001)及联合(AUC=0.919,95%*CI*:0.866~0.971,P < 0.001)预测早期神经功能恶化的效能均良好。**结论** RSSI患者的梗死直径、梗死层面、脑室周围Fazekas评分及深部Fazekas评分均与早期神经功能恶化密切相关,各梗死负担相关的MRI评价指标单独或联合检测对RSSI患者早期神经功能恶化均具有良好的评估效果。

关键词 近期皮质下小梗死;早期神经功能恶化;磁共振成像;梗死负担
中图分类号 R743.33 **文献标志码** A **文章编号** 0258-4646(2026)10-0921-06
网络出版地址 https://link.cnki.net/urlid/21.1227.R.20261020.1217.014
DOI:10.12007/j.issn.0258-4646.2026.10.010

Correlation between infarct burden and early neurological deterioration in patients with recent small subcortical infarction based on MRI indicators

WU Jiajian[1],QIU Chongrong[2],LIU Xiaochun[1],HUANG Zichen[1]
(1. Department of Internal Medicine,The Third Affiliated Hospital of Gannan Medical University,Ganzhou 341000,China; 2. Emergency Department,Southern Hospital Ganzhou Hospital(Ganzhou People's Hospital),Ganzhou 341000,China)

Abstract Objective To explore the correlation between infarct burden and early neurological deterioration in patients with recent small subcortical infarction(RSSI)and to analyze the predictive value of these indicators combined with clinical factors for this adverse outcome based on cranial magnetic resonance imaging(MRI)indicators. **Methods** A total of 82 patients with RSSI hospitalized at the Third Affiliated Hospital of Gannan Medical University and 128 patients with RSSI hospitalized at Ganzhou People's Hospital between August 2021 and May 2023 were enrolled in this study. Based on whether the National Institutes of Health Stroke Scale(NIHSS)score increased by ≥2 points after admission,patients were divided into a deterioration group(n = 41)and non-deterioration group(n = 169). The 3.0T MRI evaluation indicators and general clinical data collected within 24 h of admission were obtained using the hospital electronic medical record system. Univariate and multivariate logistic regression analyses were used to identify independent factors influencing early neurological deterioration in patients with RSSI. Receiver Operating Characteristic(ROC)curves were used to assess the evaluation value of MRI indicators for infarct burden and other clinical influencing factors in patients with RSSI with regard to early neurological deterioration. **Results** Univariate and multivariate logistic regression analyses results showed that the infarct diameter,infarct dimension,periventricular Fazekas score,and deep Fazekas score in MRI evaluation indicators,as well as age,onset to treatment time,high-density lipoprotein cholesterol(HDL-C)level,and diabetes in clinical data were independent risk factors for early neurological deterioration,with a statistically significant difference(P < 0.05). The ROC curve analysis results showed that the infarct diameter(area under the curve

作者简介:吴佳健(1983-),男,副主任医师,本科.
通信作者:邱崇荣,E-mail:greenapple2014@sina.com
收稿日期:2025-07-09
网络出版时间:2026-10-20 16:05:11

[AUC] =0.782, 95% confidence interval [*CI*]: 0.696–0.868, $P < 0.001$), infarct size (AUC=0.774, 95%*CI*: 0.692–0.857, $P < 0.001$), periventricular Fazekas score (AUC=0.819, 95%*CI*: 0.737–0.901, $P < 0.001$), deep Fazekas score (AUC=0.814, 95%*CI*: 0.737–0.891, $P < 0.001$), and combined prediction (AUC=0.919, 95%*CI*: 0.866–0.971, $P < 0.001$) exhibited good efficacy in predicting early neurological dysfunction. **Conclusion** The infarct diameter, infarct size, periventricular Fazekas score, and deep Fazekas score of patients with RSSI are closely related to the early deterioration of neurological function. Individual or combined detection of each infarct burden MRI evaluation index exhibits a good evaluation effect on the early deterioration of neurological function in patients with RSSI.

Keywords recent small subcortical infarction; early deterioration of neurological function; magnetic resonance imaging; infarction burden

近期皮质下小梗死(recent small subcortical infarction, RSSI)是一种脑梗死类型,好发于基底节、内囊区域,典型表现为突发单侧肢体无力、感觉及言语异常,救治不及时易继发脑水肿、情绪障碍与早期神经功能恶化[1]。部分RSSI患者入院后短期内神经缺损持续加重,严重损害远期预后[2]。早期神经功能恶化多指发病48~72 h内神经缺损进行性加重,是卒中后认知、运动残疾的重要诱因[3]。目前关于RSSI患者早期神经功能恶化影响因素的研究集中于临床基线资料和血清实验室指标,鲜有研究分析头颅磁共振成像(magnetic resonance imaging, MRI)评价指标与RSSI患者早期神经功能恶化的关系[4-5]。MRI无创且可清晰显示脑组织损伤特征,已成为脑小血管病评估核心手段[6]。梗死负担用于量化脑组织缺血坏死范围、病灶分布,是评估卒中预后的关键影像指标[7]。目前,RSSI梗死负担相关的MRI指标与早期神经功能恶化的关联尚不清晰,本研究纳入2家医院RSSI患者的头颅MRI及临床资料,分析二者相关性,为早期预判神经功能损伤提供影像学依据。

1　材料与方法

1.1　一般资料

选取2021年8月至2023年5月间于赣南医科大学第三附属医院和赣州市人民医院住院治疗的RSSI患者210例,根据患者早期神经功能有无恶化分为恶化组($n = 41$)和无恶化组($n = 169$)。纳入标准:(1)符合《中国脑小血管病诊治专家共识2021》[8]中RSSI的诊断标准,且经MRI影像学确诊;(2)病因均为脑小血管病,且符合《中国脑小血管病诊治专家共识2021》的诊断标准;(3)年龄18~80岁,临床资料和MRI资料完整。排除标准:(1)合并肝、心、脑功能衰竭及其他恶性肿瘤;(2)合并大动脉粥样硬化性、心源性或其他已知病因的脑梗死;(3)存在脑肿瘤、脑外伤、脑出血后改变等脑部疾病,影响梗死负担MRI评价;(4)近期感染史或伴有其他炎症性疾病。本研究获得赣南医科大学第三附属医院医学伦理委员会批准。

1.2　检查指标

1.2.1　早期神经功能恶化:使用医院信息管理系统统计在院治疗的RSSI患者入院时的美国国立卫生研究院卒中量表(National Institutes of Health Stroke Scale, NIHSS)[9]评分,与患者入院48 h后的NIHSS评分进行比较,评分增加≥2分判定为早期神经功能恶化;由2名神经内科专科医师独立评分,若有分歧共同商议统一。

1.2.2　MRI评价指标收集:使用图像存储与传输系统工作站统计患者入院24 h内评估的头颅MRI影像学参数,检测系统采用3.0T-Discovery™ MR750w GEM-70cm系统(美国GE Healthcare公司),扫描液体衰减反转恢复(fluid attenuated inversion recovery, FLAIR)、T1加权成像(T1-weighted imaging, T1WI)、T2加权成像(T2-weighted imaging, T2WI)序列。具体参数如下:(1)FLAIR,重复时间8 000 ms,回波时间130 ms,反转时间2 000 ms,层厚1 mm,层数175,视野240 mm × 240 mm,矩阵256 × 256;(2)T1WI,重复时间1 700 ms,回波时间25 ms,层厚1 mm,层数175,视野240 mm × 240 mm,矩阵256 × 256;(3)T2WI,重复时间5 421 ms,回波时间132 ms,层厚5 mm,层数20,视野240 mm × 240 mm,矩阵256 × 256。将2组患者的MRI图像导入联影智能CSVD智能分析软件自动分割RSSI病灶,由医院高年资放射科医生和神经内科医生各1名对RSSI患者梗死负担的MRI指标进行盲评,包括梗死范围、梗死部位、梗死层数、脑室周围Fazekas评分、深部Fazekas评分[10]。

1.2.3　临床资料收集:通过医院电子病历系统统计患者的临床资料,包括年龄、性别、体重指数(body

mass index，BMI）、吸烟史、饮酒史、入院NIHSS评分、发病到开始治疗时间、急性卒中Org 10172治疗试验（trial of Org 10172 in acute stroke treatment，TOAST）分型[11]、生化指标［胆固醇（total cholesterol，TC）、甘油三酯（triglyceride，TG）、高密度脂蛋白胆固醇（high-density lipoprotein cholesterol，HDL-C）、低密度脂蛋白胆固醇（low-density lipoprotein cholesterol，LDL-C）］及基础疾病（高血压、高脂血症、糖尿病、抑郁症）等。TOAST分型同样由2名神经内科医生评估，意见不一致时通过协商达成共识。

1.3　质量控制

RSSI诊断与MRI影像评估由1名放射科医生和1名神经内科医生完成，分歧协商统一。用组内相关系数（intra-class correlation，ICC）评估一致性，ICC≤0.40，一致性较差；>0.40~0.60，一致性一般；>0.60~0.75，一致性良好；>0.75为一致性优秀。观察者内ICC值和观察者间ICC值分别为0.783和0.766，具有较好的一致性[12]。临床资料由我院2名内科护师核对录入，发现病历资料异常、缺项、重复等情况及时反馈、查证，确保收集临床资料的完整性与准确性。

1.4　统计学分析

采用SPSS 21.0软件进行统计分析。符合正态分布的计量资料以$\bar{x} \pm s$表示，组间比较采用两样本均数t检验；计数资料以率（%）表示，组间比较采用χ^2检验。采用单因素分析比较2组患者一般资料差异，采用多因素logistic回归分析RSSI患者发生早期神经功能恶化的影响因素，采用受试者操作特征（receiver operating characteristic，ROC）曲线评价MRI指标单独及联合的预测效能。$P<0.05$为差异有统计学意义。

2　结果

2.1　2组一般资料比较

2组梗死部位、性别、BMI、吸烟史、饮酒史、入院NIHSS评分、TOAST分型、血清TC、LDL水平、高血压史、抑郁症史无统计学差异（$P>0.05$）；而2组梗死直径、梗死层面、脑室周围Fazekas评分、深部Fazekas评分、年龄、发病到开始治疗时间、血清TG、HDL水平、高脂血症史、糖尿病史比较，差异有统计学意义（$P<0.05$），见表1。

表1　RSSI患者早期神经功能恶化的单因素分析

Tab.1　Univariate analysis of early neurological deterioration in patients with RSSI

Influencing factor	Deterioration group (n = 41)	Non-deterioration group (n = 169)	t/χ^2	P
Infarct diameter (mm)	16.42 ± 2.20	14.78 ± 2.01	4.600	<0.001
Infarct location [n (%)]			0.368	0.776
Basal ganglia	15 (36.59)	56 (33.14)		
Semioval center	12 (29.27)	42 (24.85)		
Thalamus	7 (17.07)	30 (17.75)		
Brainstem	7 (17.07)	41 (24.26)		
Number of infarct slices	2.59 ± 0.43	2.28 ± 0.37	4.658	<0.001
Periventricular Fazekas score [n (%)]			6.145	0.013
0–1	17 (41.46)	106 (62.72)		
2–3	24 (58.54)	63 (37.28)		
Deep white matter Fazekas score [n (%)]			7.932	0.005
0–1	13 (31.71)	95 (56.21)		
2–3	28 (68.29)	74 (43.79)		
Age (year)	65.27 ± 9.63	61.73 ± 8.84	2.260	0.025
Sex [n (%)]			0.794	0.373
Male	25 (60.98)	90 (53.25)		
Female	16 (39.02)	79 (46.75)		
BMI [n (%)]			0.179	0.672
<25 kg/m^2	30 (73.17)	129 (76.33)		
≥25 kg/m^2	11 (26.83)	40 (23.67)		

（续表）

Influencing factor	Deterioration group (n = 41)	Non-deterioration group (n = 169)	t/χ^2	P
Smoking history [n (%)]			2.319	0.128
Yes	18 (43.90)	53 (31.36)		
No	23 (56.10)	116 (68.64)		
Drinking history [n (%)]			2.467	0.116
Yes	20 (48.78)	60 (35.50)		
No	21 (51.22)	109 (64.50)		
Admission NIHSS score	2.74 ± 0.13	2.70 ± 0.15	1.570	0.118
Time from onset to treatment (h)	56.84 ± 8.53	51.10 ± 7.92	4.101	0.001
TOAST classification [n (%)]			1.429	0.235
Large artery atherosclerosis	13 (31.71)	72 (42.60)		
Cardioembolism	6 (14.63)	29 (17.16)		
Small vessel occlusion	19 (46.34)	50 (29.59)		
Other etiology	3 (7.32)	18 (10.65)		
TC (mmol/L)	4.91 ± 0.55	4.82 ± 0.57	0.913	0.362
TG (mmol/L)	1.66 ± 0.27	1.51 ± 0.19	4.147	<0.001
HDL-C (mmol/L)	1.16 ± 0.14	1.30 ± 0.18	4.648	<0.001
LDL-C (mmol/L)	2.58 ± 0.32	2.49 ± 0.27	1.844	0.067
Hypertension [n (%)]			0.408	0.523
Yes	16 (39.02)	57 (33.73)		
No	25 (60.98)	112 (66.27)		
Dyslipidemia [n (%)]			5.295	0.021
Yes	13 (31.71)	27 (15.98)		
No	28 (68.29)	142 (84.02)		
Diabetes mellitus [n (%)]			5.002	0.025
Yes	15 (36.59)	34 (20.12)		
No	26 (63.41)	135 (79.88)		
Depression [n (%)]			2.445	0.118
Yes	9 (21.95)	21 (12.43)		
No	32 (78.05)	148 (87.57)		

2.2　影响RSSI患者早期神经功能恶化的多因素logistic回归分析

以RSSI患者有无早期神经功能恶化为因变量，以表1中$P < 0.05$的单因素变量为自变量，进行多因素logistic回归分析。结果显示，MRI指标中的梗死直径、梗死层面、脑室周围Fazekas评分、深部Fazekas评分，以及临床资料中的年龄、发病至治疗时间、合并糖尿病均是早期神经功能恶化的独立危险因素，血清HDL水平是独立保护因素（$P < 0.05$），见表2。共线性检测结果显示，各独立影响因素容差均>0.1，方差膨胀因子（variance inflation factor，VIF值）均<10，不存在多重共线性。

2.3　梗死负担相关的MRI评价指标对RSSI患者早期神经功能恶化的预测效能

联合预测为使用梗死直径、梗死层面、脑室周围Fazekas评分、深部Fazekas评分联合预测。ROC曲线分析结果显示，MRI评价指标单独和联合预测早期神经功能恶化的效能均良好，联合预测的曲线下面积（area under the curve，AUC）最大，见表3、图1。

3　讨论

本研究结果显示，210例RSSI患者入院48 h内NIHSS评分增加≥2分有41例，恶化率达19.52%，与李倩等[13]报道的数据相近，总体发生率较高，因此明确其独立影响因素、建立影像学预测指标对临床早期干预有重要意义。

表2　RSSI患者早期神经功能恶化的多因素logistic回归分析

Tab.2　Multivariate logistic regression analysis of early neurological deterioration in patients with RSSI

Relevant factor	*B*	*SE*	Wald χ^2	*P*	*OR*	95%*CI*
Infarct diameter	0.396	0.149	7.069	0.008	1.486	1.110–1.991
Number of infarct slices	2.319	0.726	10.196	0.001	10.170	2.449–42.228
Periventricular Fazekas score	2.040	0.655	9.698	0.002	7.694	2.130–27.790
Deep Fazekas score	1.480	0.627	5.571	0.018	4.395	1.285–15.024
Age	0.064	0.028	5.047	0.025	1.066	1.008–1.126
Time from onset to treatment	0.096	0.032	9.066	0.003	1.101	1.034–1.172
TG	1.324	1.381	0.919	0.338	3.760	0.251–56.379
HDL	−3.825	1.564	5.980	0.014	0.022	0.001–0.468
History of dyslipidemia	0.954	0.617	2.388	0.122	2.595	0.774–8.701
History of diabetes mellitus	1.263	0.560	5.090	0.024	3.538	1.180–10.602

表3　梗死负担的MRI评价指标对RSSI患者早期神经功能恶化的预测效能

Tab.3　Predictive efficacy of MRI evaluation indicators for infarct burden on early neurological deterioration in patients with RSSI

Indicator	AUC	Optimal cutoff value	Sensitivity	Specificity	Accuracy (%)	95%*CI*
Infarct diameter	0.782	0.294	0.610	0.870	76.19	0.696–0.868
Number of infarct slices	0.774	0.231	0.683	0.769	74.29	0.692–0.857
Periventricular Fazekas score	0.819	0.494	0.537	0.994	80.48	0.737–0.901
Deep Fazekas score	0.814	0.201	0.780	0.669	82.38	0.737–0.891
Combined prediction	0.919	0.188	0.902	0.858	87.14	0.866–0.971

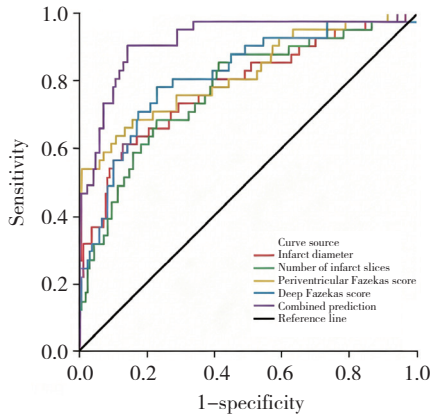


图1　MRI评价指标单独及联合预测的ROC曲线

Fig.1　ROC curves of single and combined prediction using MRI evaluation indicators

本研究单因素分析及多因素logistic回归结果表明，MRI评价指标中的梗死直径、梗死层面、脑室周围Fazekas评分、深部Fazekas评分均是RSSI患者早期神经功能恶化的独立危险因素（$P<0.05$），患者梗死直径大、梗死层面多、脑白质病变严重会增加早期神经功能恶化的风险。大量炎症介质扩散损伤周边正常脑组织，同时氧化应激持续破坏神经细胞膜，诱发神经元凋亡，加重神经缺损进展[14]。脑室周围Fazekas评分、深部Fazekas评分较高说明患者脑白质病变严重，白质髓鞘、轴突受损会中断神经信号传导，同时脑内微循环灌注不足，进一步加剧梗死区域缺血缺氧，推动神经功能快速恶化[15-16]。

临床基线资料中，年龄、发病到开始治疗时间、合并糖尿病均是RSSI患者早期神经功能恶化的独立危险因素，而血清HDL-C水平是独立保护因素（$P<0.05$），表明患者年龄较大、接受治疗较晚、并发糖尿病、入院时血清HDL-C水平较低会增加早期神经功能恶化的风险。其可能机制是随着年龄的增长，老年人神经元自我修复能力衰退，轻微缺血损伤即可造成不可逆神经缺损[17]。发病到治疗时间越长，RSSI患者的梗死区域缺血时间就越长，缺血时间延长会大幅提升神经细胞坏死规模，加重缺损程度。糖尿病会诱发高血糖、内皮损伤、血液高凝状态，加重病灶微循环障碍，放大缺血损伤效应[18]。血清HDL-C可以通过反向胆固醇转运，抑制动脉粥样硬化进展，减轻血管损伤，降低恶化发生风险。

本研究ROC曲线结果提示梗死负担相关的MRI

指标均可有效预测 RSSI 早期神经功能恶化，4项指标联合模型预测效能最优。因此临床上可联合梗死直径、梗死层面、脑室周围Fazekas评分、深部Fazekas评分进行早期神经功能恶化的预测，对梗死负担重的高危患者提前干预。对发生神经功能恶化高风险的患者，医师需要通过多种途径加强RSSI疾病宣教，优化就诊流程以缩短发病至治疗时长；通过膳食调整提升患者HDL-C水平；规范糖尿病患者血糖管控；对重度梗死负担患者尽早启动溶栓、抗凝等血管再通治疗，一旦出现神经功能恶化，及时联用神经保护药物并配合康复训练，降低远期功能残疾风险。

综上所述，梗死直径、梗死层面、脑室周围及深部Fazekas评分等梗死负担相关的MRI指标与RSSI早期神经功能恶化显著相关，单项或联合评估均具备良好的预测价值。本研究存在一定局限性，恶化组样本量偏小，不满足每个变量事件数原则，后续研究应进一步增加样本量；入院时进行的MRI影像学检查指标有限，关于血管周围间隙、脑萎缩等MRI评价指标与早期神经功能恶化的相关性，有待进一步研究探讨。

参考文献：

[1] Wang M M，Li Y F，Song Y J，et al. Association of total cerebral small vessel disease burden with the cavitation of recent small subcortical infarcts [J]. Acta Radiol，2023，64 (1)：295-300. DOI：10.1177/02841851211066583.

[2] 王媚媚，张思斯，刘浩，等. 脑近期皮质下小梗死演变结局的相关因素分析 [J]. 中华医学杂志，2019，99 (43)：3420-3423. DOI：10.3760/cma.j.issn.0376-2491.2019.43.014.

[3] 谢姚屹. 急性脑梗死早期神经功能恶化的相关危险因素研究进展 [J]. 内科，2024 (2)：175-178. DOI：10.16121/j.cnki.cn45-1347/r.2024.02.13.

[4] Zhang B X，Lei H H，Ambler G，et al. Association between triglyceride-glucose index and early neurological outcomes after thrombolysis in patients with acute ischemic stroke [J]. J Clin Med，2023，12 (10)：3471. DOI：10.3390/jcm12103471.

[5] 柘晓宁，余青龙，龙晓艳，等. 血清N-myc下游调节基因2和雷帕霉素靶蛋白与急性缺血性脑卒中患者早期神经功能恶化的关系 [J]. 中华实用诊断与治疗杂志，2022，36 (3)：275-278. DOI：10.13507/j.issn.1674-3474.2022.03.014.

[6] Espanol A，Lerebours F，Calviere L，et al. Silent brain infarct in migraine：systematic review and meta-analysis [J]. Rev Neurol，2024，180 (6)：486-493. DOI：10.1016/j.neurol.2023.05.003.

[7] 孟启哲，奚志，王铭，等. 2型糖尿病合并近期皮质下小梗死患者血糖变异性与梗死负担及认知功能障碍的相关性研究 [J]. 中国全科医学，2023，26 (15)：1885-1891. DOI：10.12114/j.issn.1007-9572.2022.0856.

[8] 胡文立，杨磊，李譞婷，等.中国脑小血管病诊治专家共识2021 [J]. 中国卒中杂志，2021，16 (7)：716-726.DOI：10.3969/j.issn.1673-5765.2021.07.013.

[9] 中华神经科学会，中华神经外科学会.脑卒中患者临床神经功能缺损程度评分标准 (1995) [J]. 中国实用内科杂志，1997 (5)：57-59.

[10] Fazekas F，Chawluk J B，Alavi A，et al. MR signal abnormalities at 1.5 T in Alzheimer's dementia and normal aging [J]. AJR Am J Roentgenol，1987，149 (2)：351-356. DOI：10.2214/ajr.149.2.351.

[11] Adams hp Jr，Bendixen B H，Kappelle L J，et al. Classification of subtype of acute ischemic stroke. Definitions for use in a multicenter clinical trial. TOAST. Trial of Org 10172 in Acute Stroke Treatment [J]. Stroke，1993，24 (1)：35-41. DOI：10.1161/01.str.24.1.35.

[12] Cicchetti D V. Guidelines，criteria，and rules of thumb for evaluating normed and standardized assessment instruments in psychology [J]. Psychol Assess，1994，6 (4)：284-290. DOI：10.1037/1040-3590.6.4.284.

[13] 李倩，曲明卫，王宁宁，等. 孤立性皮质下梗死患者早期神经功能恶化的危险因素分析 [J]. 中国医药导报，2023，20 (20)：109-112. DOI：10.20047/j.issn1673-7210.2023.20.23.

[14] 刘聪慧，高远，谢卫征，等. 不同影像学特征的孤立性皮质下小梗死的病因分析 [J]. 中华神经科杂志，2023，56 (1)：48-54. DOI：10.3760/cma.j.cn113694-20220723-00572.

[15] Carazo-barrios L，Archidona-arranz A，Claros-ruiz A，et al. Correlation between retinal nerve fibre layer thickness and white matter lesions in Alzheimer's disease [J]. Int J Geriat Psychiatry，2021，36 (6)：935-942. DOI：10.1002/gps.5496.

[16] 肖林婷，周少珑，周辉，等. 丁苯酞氯化钠注射液对脑白质病变治疗效果的影响 [J]. 国际检验医学杂志，2023，44 (18)：2283-2287. DOI：10.3969/j.issn.1673-4130.2023.18.021.

[17] 周良学，周文武. 神经元衰老在年龄相关痴呆发生发展中研究现状与进展述评 [J]. 西部医学，2022，34 (6)：781-784. DOI：10.3969/j.issn.1672-3511.2022.06.001.

[18] 崔燕燕，于瀛，崔光彬. 脑微循环障碍介导2型糖尿病认知功能障碍的MR研究进展 [J]. 实用放射杂志，2025，41 (3)：516-519. DOI：10.3969/j.issn.1002-1671.2025.03.036.

（编辑　于　溪）