论 著

基于FVH征建立Logistic风险因素模型对TIA患者近期并发脑梗死的预测价值*

邬家骏[1] 李晓兵[2] 刘 鑫[1,*]
1.上海市奉贤区中医医院放射科 (上海 201499)
2.上海市奉贤区中心医院放射科 (上海 201499)

【摘要】**目的** 探究基于磁共振FLAIR血管高信号征(FVH)建立Logistic风险因素模型对短暂性脑缺血发作(TIA)患者近期并发脑梗死的预测价值。**方法** 回顾性连续纳入2023年1月到2024年12月上海市奉贤区中医医院的140例TIA患者，收集患者的临床资料，包括性别、年龄、身体质量指数、吸烟史、饮酒史、高血压病、糖尿病、TIA持续时间及影像学指标，并随访7天，根据患者7天内是否并发脑梗死分为脑梗死组(n=31)和非脑梗死组(n=109)。比较不同组别的FVH及临床指标，采用Logistic分析TIA患者并发脑梗死的影响因素并构建预测模型，采用受试者工作特征曲线(ROC)分析，评价模型对TIA患者近期发生脑梗死的预测价值，并用Hosmer-Lemeshow检验绘制校正曲线。采用非参数Spearman秩相关检验，分析FVH与脑梗死的相关性。**结果** 脑梗死组TIA患者的FVH阳性率达67.7%，显著高于非脑梗死组(25.7%, $P<0.001$)；Logistic分析表明，糖尿病、TIA持续时间(>1小时)和FVH是TIA患者并发脑梗死的影响因素($P<0.05$)。基于上述指标构建列线图预测模型，模型一致性指数为0.852。模型拟合优度较好(Hosmer-Lemeshow χ^2=1.145,P>0.05)。ROC分析结果表明糖尿病、TIA持续时间(>1小时)、FVH及列线图模型的AUC值分别为0.659、0.747、0.710及0.892，其中列线图模型的AUC值明显优于各指标单独(均$P<0.05$)。Spearman秩相关分析显示脑梗死与同侧FVH存在显著正相关。**结论** FVH是TIA患者发生脑梗死的独立影响因素，与发生同侧脑梗死密切相关。基于FLAIR血管高信号征建立Logistic风险因素模型对TIA患者并发脑梗死有着良好的预测价值。

【关键词】FLAIR血管高信号征；TIA患者；脑梗死；列线图
【中图分类号】R651.1
【文献标识码】A
【基金项目】奉贤区科委社会类科技发展基金项目(奉科20221441)
DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2026.04.005

The Predictive Value of a Logistic Risk Factor Model Based on FLAIR Vascular Hyperintensity Sign for Recent Concurrent Cerebral Infarction in TIA Patients*

WU Jia-jun[1], LI Xiao-bing[2], LIU xin[1,*].
1.Department of Radiology, Traditional Chinese Medicine Hospital of Fengxian District, Shanghai 201499, China
2.Department of Radiology, Central Hospital of Fengxian District, Shanghai 201499, China

ABSTRACT
Objective To investigate the predictive value of a logistic risk factor model based on the FLAIR vascular hyperintensity (FVH) sign on magnetic resonance imaging for recent concurrent cerebral infarction in patients with transient ischemic attack (TIA). ***Methods*** A total of 140 TIA patients admitted to the Traditional Chinese Medicine Hospitaof Traditional Chinese Medicine in Fengxian District between January 2023 and December 2024 were retrospectively and consecutively enrolled. Clinical data including, gender, age, body mass index, smoking history, alcohol consumption history, hypertension, diabetes mellitus, TIA duration, and imaging indicators, were collected. Patients were followed up for 7 days and divided into a cerebral infarction group (n=31) and a non-cerebral infarction group (n=109) based on whether cerebral infarction occurred within 7 days. FVH and clinical indicators were compared between the two groups. Logistic regression analysis was used to identify influencing factors for cerebral infarction in TIA patients and to construct a predictive model. Receiver operating characteristic (ROC) curve analysis was employed to evaluate the predictive value of the model for recent cerebral infarction in TIA patients. Calibration curves were plotted using the Hosmer-Lemeshow test. The Nonparametric Spearman rank correlation test was used to analyze the correlation between FVH and cerebral infarction. ***Results*** The FVH positivity rate in the cerebral infarction group was 67.7%, significantly higher than that in the non-cerebral infarction group (25.7%, $P<0.001$). Logistic regression analysis showed that diabetes mellitus, TIA duration (>1 hour), and FVH were influencing factors for cerebral infarction in TIA patients ($P<0.05$). A nomogram prediction model was constructed based on these indicators, with a consistency index of 0.852.The model demonstrated good goodness-of-fit (Hosmer-Lemeshow χ^2 = 1.145, $P>0.05$). ROC analysis results showed that the AUC values for diabetes mellitus, TIA duration (>1 hour), FVH, and the nomogram model were 0.659, 0.747, 0.710, and 0.892, respectively. The AUC value of the nomogram model was significantly better than that of the individual indicators (all $P<0.05$). The Spearman rank correlation analysiscorrelation analysis showed a significant positive correlation between cerebral infarction and ipsilateral FVH. ***Conclusion*** FVH is an independent influencing factor for cerebral infarction in TIA patients and is closely related to ipsilateral cerebral infarction. The logistic risk factor model based on the FLAIR vascular hyperintensity sign has good predictive value for concurrent cerebral infarction in TIA patients.
Keywords: FLAIR Vascular Hyperintensity; TIA Patients; Cerebral Infarction; Nomogram

短暂性脑缺血发作(transient ischemic attack, TIA)是一种重要的神经学疾病，其特点是突发、短暂的脑功能障碍[1]。TIA的临床意义在于它可能预示着未来脑梗死的风险，因此对TIA患者进行有效的风险评估和早期诊断具有重要的临床价值[2]。磁共振成像技术，尤其是磁共振液体衰减反转恢复序列(fluid-attenuated inversion recovery, FLAIR)在TIA的诊断中扮演着关键角色。FLAIR序列通过提高脑组织与脑脊液之间的对比度，使得脑内的病理改变更加明显[3]。在TIA的诊断中，这种成像技术的使用，为临床医生提供了一个强大的工具，从而能更准确地评估患者的病情。在TIA患者FLAIR序列中可能出现的血管高信号征(fluid-attenuated inversion recovery vascular hyperintensity, FVH)被认为与脑血管的狭窄有关，可能预示着未来脑梗死的风险[4]。因此，FVH的检测对于评估TIA患者的风险和指导后续治疗具有重要意义。在TIA的管理中，FVH的应用不仅提高了对脑梗死风险的认识，也为临床医生提供了更多的信息来制定个体化的治疗计划。本研究聚焦于FVH在TIA患者中的应用，旨在进一步探索这些成像标志在预测并发脑梗死方面的价值，以期为TIA的诊断和治疗提供更加精确和有效的指导。

1 资料与方法

1.1 一般资料 回顾性连续纳入2023年1月到2024年12月上海市奉贤区中医医院的140例TIA患者，并随访7天。根据是否并发脑梗死分为脑梗死组和非脑梗死组。收集患者的临床资料，包括性别、年龄、身体质量指数、吸烟史、饮酒史、高血压病、糖尿病、TIA持续时间。

纳入标准[5]：(1)入组符合TIA的诊断标准[6]；(2)既往无脑梗死记录；(3)发病24小时内入院或就诊。排除标准：(1)合并其他脑部疾病；(2)肝、肾等重要器官衰竭者；(3)依从性差。(4)存在DWI阳性责任病灶。本研究通过本院医学伦理委员会审批(伦理编号: 奉

【第一作者】邬家骏，男，主治医师，主要研究方向：放射诊断。E-mail：18721750423@163.com
【通讯作者】刘 鑫，男，副主任医师，主要研究方向：放射诊断。E-mail：13917134521@163.com

中伦理2022071102)。

1.2 检查方法 磁共振检查：选择联影UMR588型1.5T超导 MRI扫描系统，所有患者入院或就诊24小时内进行常规头颅MRI检查。采取仰卧位,使用16通道的头部线圈，覆盖从头顶到枕骨大孔的整个颅脑区域。采用FSE序列进行T1WI和T2WI成像，T1WI的扫描参数为TR 2085ms，TE 11.72ms，层厚5mm，层间距1.5mm；T2WI的参数为TR 4100ms，TE 104ms，层厚5mm，层间距1.5mm。对于DWI成像，选用EPI序列，参数为TR 3206ms，TE 91.1ms，层厚5mm，层间距1.5mm，FOV 230mm×230mm。FLAIR序列参数为TR 8000ms，TE 109.78ms，TI 2300ms，层厚5mm，层间距1.5mm，FOV 230mm×230mm。在扫描过程中，密切监控患者的舒适度和安全。成像完成后，使用后处理技术包括三维重建和图像分析，以提供更清晰的脑组织结构和病变区域视图。

1.3 影像分析 由2名副主任及以上放射科医师分别独立进行图像判读，两名放射科医师对患者FVH的评分具有高度一致性(Kappa值为0.742, 95% CI: 0.702~0. 812, $P<0.01$) 。当存在争议时，由两名医师进行协商达成一致。FVH判读方法[7]：FVH根据以下标准判定:(1)FLAIR序列图像上临近脑灰质表面的局限性斑点状、管状或蛇纹状高信号；(2)在连续2个层面出现，或同一层面出现2处以上；符合以上2条认为是FVH阳性，否则为阴性。见图1~图3。

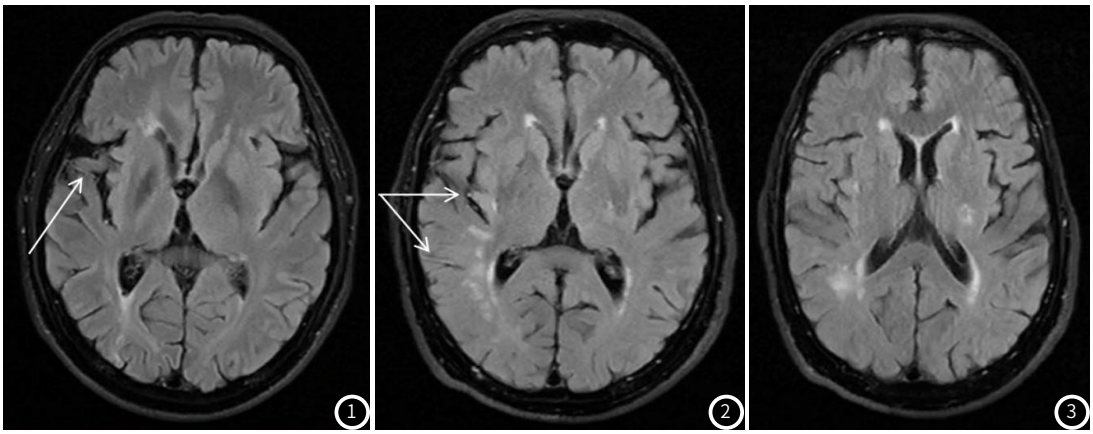


图1及图2示TIA患者FLAIR血管高信号征(FVH)的典型影像表现。**图1** 右侧颞叶脑表面FVH征(箭头)；**图2** T2-FLAIR序列示另一患者右侧岛叶皮层及右侧颞叶FVH征(箭头)。**图3** 未检测到FVH。

1.4 统计学与方法 数据采用软件SPSS 27.0处理并进行单因素分析，用 χ^2和Wilcoxon检验，对单因素分析中差异有统计学意义的自变量通过R4.4.3行多因素Logistic回归分析TIA患者并发脑梗死的影响因素并构建列线图，进行共线性检测，剔除共线性检测高度相关(VIF＞10)的自变量。通过R4.4.3行ROC分析各指标及预测模型对TIA患者并发脑梗死的预测效能，采用约登指数最大化原则确定各指标及预测模型的最佳截断值，用Hosmer-Lemeshow检验绘制校正曲线。采用非参数Spearman秩相关检验，分析FVH与同侧发生脑梗死的相关性。当$P<0.05$时表示两者的差异有统计学意义。

2 结 果

140例患者中脑梗死组31例，非脑梗死组109例，脑梗死组与非脑梗死组间患者的年龄无统计学差异(Z=-1.015, $P>0.05$)，身体质量指数无统计学差异(Z=-0.532, $P>0.05$)。脑梗死组的糖尿病率高于非脑梗死组，且TIA持续时间高于非脑梗死组，FLAIR序列上显示不同范围的FVH，脑梗死组的FVH显示率达67.7%，显著高于非脑梗死组(25.7%, $P<0.05$)见表 1。Spearman秩相关系数分析表明FVH与同侧发生脑梗死存在显著正相关(rs＝0.366, $P<0.05$)。

2.1 脑梗死组与非脑梗死组之间临床指标及FVH比较 脑梗死组的糖尿病率、TIA持续时间(＞1小时)及FVH均高于非脑梗死组($P<0.05$)；见表1。

2.2 TIA患者并发脑梗死的多因素Logistic分析 Logistic分析表明，糖尿病、FVH及TIA持续时间(＞1小时)是TIA患者近期并发脑梗死的影响因素($P<0.05$)。共线性检测表明共线性不严重，模型稳定性较好，见表2。相关列线图见图4。

表1 脑梗死组与非脑梗死组间各项目的比较(n,%)

项目	脑梗死组	非脑梗死组	χ^2	P
性别	35.5	34.9	0.004	0.949
吸烟	16.1	13.8	0.110	0.740
饮酒	6.2	7.4	0.679	0.410
高血压	35.5	24.8	1.401	0.237
糖尿病	48.4	16.5	13.610	0.002
TIA持续时间	54.8	5.5	42.786	0.001
FVH	67.7	25.7	18.762	0.002

表2 TIA患者并发脑梗死的Logistic分析

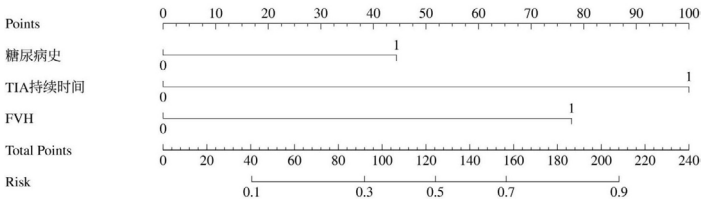
影响因素	回归系数	标准误	Z	P	OR值	95%CI	VIF值
糖尿病	1.484	0.561	2.648	0.008	4.412	(1.470,13.240)	1.062
TIA持续时间	3.246	0.645	5.032	＜0.001	25.675	(7.254,90.881)	1.033
FVH	1.826	0.577	3.164	0.002	6.207	(2.003,19.234)	1.075
常量	-3.448	0.560	-6.157	＜0.001	0.032	(0.011,0.095)	

2.3 列线图模型验证 列线图模型C-index为0.852,模型区分度较好。模型拟合优度较好(Hosmer-Lemeshow χ^2=1.145, $P>0.05$), 见图5。

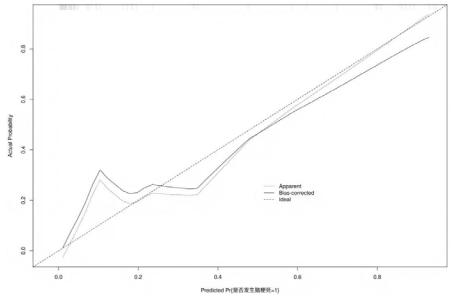
2.4 各单独指标及列线图模型对TIA患者并发脑梗死的预测效能 ROC曲线结果表明糖尿病、FVH、TIA持续时间(＞1小时)及列线图模型预测的AUC值分别为0.659、0.710、0.747及0.892，其中列线图模型预测效能优于各指标单独(均$P<0.05$)。见表3。

表3 各单独指标及列线图模型对TIA患者并发脑梗死的预测效能

指标	灵敏度	特异度	约登指数	AUC面积	95%CI
糖尿病史	48.4	83.5	0.319	0.659	(0.543,0.776)
TIA持续时间	54.8	94.5	0.493	0.747	(0.633,0.861)
FVH	67.7	74.3	0.421	0.710	(0.603,0.817)
列线图模型	83.9	89.0	0.729	0.892	(0.831,0.954)



4



5

图4 TIA患者并发脑梗死的列线图模型。
图5 列线图模型预测TIA患者并发脑梗死的校正曲线。

3 讨 论

TIA是临床上重要的神经系统疾病，表现为突发的神经功能障碍，通常在24小时内恢复。TIA也是脑卒中的重要预警信号，30%~40%的脑卒中患者于发病前曾有TIA发生[8]。由于TIA的发生代表脑血流暂时阻断，可能造成永久性脑细胞死亡，故对TIA进行早期诊断与处理，以降低脑卒中的发生率至关重要[9]。

FVH由Cosnard等[10]在1999年首次报道,是指在FLAIR序列中观察到在脑表面的血管信号异常增强，这可能与血液流动缓慢或血液成分的改变有关[11]。FVH作为一项重要的影像学标志物,与颅内大血管狭窄或闭塞密切相关[12]，其预测价值已得到越来越多研究的关注。王乐等[13]研究表明,FVH与血管狭窄程度呈现低度正向相关；Nam等[14]的前瞻性研究表明，FVH是TIA后7天内缺血复发的重要独立预测因子，这与本研究得出的结论一致。Xiang等[15]的研究将FVH与SWI序列上的不对称突出静脉征相结合，启发了多模态影像联合的思路。本研究虽未纳入更多影像序列，但采用了影像-临床联合的策略，将FVH与TIA持续时间和糖尿病史这两个有力的临床变量相整合，其构建的模型效能明显超越了单一指标，体现了多维度信息融合的优越性。

本研究通过Spearman秩相关分析表明，FVH与同侧脑梗死之间存在显著正相关关系(rs = 0.366, P<0.05)，这与王乐等的研究结论一致。这一结果表明，随着FVH的出现，同侧脑梗死的发生风险也相应升高，提示FVH可作为同侧脑梗死的一个影像学标志。相关系数rs = 0.366为低至中度相关，说明尽管FVH与同侧脑梗死之间存在显著关联，但仍可能存在其他影响因素参与梗死发生过程，如大动脉狭窄程度、侧支循环代偿能力及个体脑血管储备功能等[16-17]。

本研究结果表明，糖尿病、TIA持续时间(＞1小时)以及FVH是影响TIA患者并发脑梗死的关键因素。尤其是糖尿病患者的发生率显著高于非糖尿病患者，这也与既往文献关于糖尿病与脑血管事件关系一致[18]，糖尿病是脑血管疾病的重要危险因素，建议对TIA患者进行糖尿病筛查和血糖控制，糖尿病可存在血管病变、代谢异常等，进而导致血管功能障碍[19]。在本研究中糖尿病是明确的危险因素，脑血管疾病的复发与糖尿病相关，可用于临床医师制定个体化的干预方案，帮助他们在早期阶段识别高风险患者，从而降低脑梗死的发生率。

本研究构建了一个可直接应用于临床实践的可视化预测工具，该模型的良好性能源于其能够量化各因素的贡献权重并实现风险叠加。例如，列线图直观显示：一个伴有糖尿病、TIA发作持续超过1小时且有FVH征的患者，其总分值急剧攀升，对应的脑梗死风险远高于单一因素存在的情况。这种效应揭示了多重危险因素之间的协同作用，即糖尿病造成的慢性血管损害、FVH所代表的急性血流动力学危机[20]以及长时间TIA提示的严重血管损害共同构成了梗死发生的病理生理基础。研究中模型出色的校准度意味着预测风险与实际风险相匹配，其高灵敏度确保了能有效识别高危患者，便于启动积极干预；同时高特异度有助于避免低危患者的过度医疗，这与黄竞远等[21]关于优化诊断策略的观点一致。

本研究也存在一些局限性及不足之处：这是一项单中心、回顾性研究，样本量有限。模型中未纳入其他指标，如血清生物标志物[22]，可能影响模型的全面性。以及该模型需通过多中心、前瞻性研究进行外部验证。未来的研究应考虑在更大规模的样本中进行验证，以增强结果的普适性和可靠性。

综上所述，基于FVH的Logistic风险因素模型在预测TIA患者近期发生脑梗死方面具有良好的临床应用价值。通过识别糖尿病、TIA持续时间及FVH等影响因素，为临床医生提供了有效的工具，以便于更好地识别高风险患者并及时干预，为临床早期甄别高危TIA患者提供了有价值的决策支持。

参考文献

[1]Nouri-Vaskeh M,Khalili N,Sadighi A,et al.Biomarkers for Transient Ischemic Attack:A Brief Perspective of Current Reports and Future Horizons[J].Journal of Clinical Medicine,2022,11(4):1046.
[2]Mendelson S J,Prabhakaran S.Diagnosis and management of transient ischemic attack and acute ischemic stroke:a review[J].Jama,2021,325(11):1088-1098.
[3]卢万俊,彭剑,徐春富,等.单侧大脑中动脉慢性闭塞患者FLAIR高信号血管征变化规律及对脑梗死的预测价值[J].中风与神经疾病杂志,2022,39(2):143-146.
[4]徐鹏程,云宗金,宋斌,等.FLAIR高信号血管征在颅内大血管病变中的定位价值[J].中国实用神经疾病杂志,2019,22(15):1630-1636.
[5]许涛,郭静,由秀,等.磁共振成像和CT对短暂性脑缺血发作患者的急性脑梗死诊断价值研究[J].中国医学装备,2021,18(1):54-58.
[6]短暂性脑缺血发作中国专家共识组.短暂性脑缺血发作的中国专家共识更新版(2011年)[J].中华内科杂志,2011,50(6):530-533.
[7]丁蓓,江泓,张欢,等.颈动脉系统短暂性脑缺血发作患者FLAIR序列高信号血管征与CT灌注成像的对照研究[J].临床放射学杂志,2019,38(06):964-968.
[8]Cusimano MD,Ameli FM.Transient cerebral ischemia.CMAJ.1989;140(1):27-33.
[9]Johnston DC,Hill MD.The patient with transient cerebral ischemia:a golden opportunity for stroke prevention.CMAJ.2004;170(7):1134-7.
[10]Cosnard,G.,Duprez,T.,Grandin,C.,Smith,A.M.,Munier,T.,& Peeters,A.(1999).Fast FLAIR sequence for detecting major vascular abnormalities during the hyperacute phase of stroke:a comparison with MR angiography.Neuroradiology,41(5),342-346.
[11]闫呈新,卫雪灵,陈松果,等.FLAIR血管高信号征在大脑中动脉供血区急性脑梗死中的临床价值[J].中国CT和MRI杂志,2020,18(4):4-7.
[12]Fan C,Zhang L,He Z,et al.Reduced Severity of Outcome of Recurrent Ipsilateral Transient Cerebral Ischemia Compared with Contralateral Transient Cerebral Ischemia in Rats.J Stroke Cerebrovasc Dis.2017;26(12):2915-2925.
[13]王乐,田诗云,尚劲,等.T2 FLAIR高信号血管征在缺血性脑血管病中的发生规律及价值[J].中国医学创新,2016,13(36):6-10.
[14]Nam,K.W.,Kim,C.K.,Kim,T.J.,Oh,K.,Han,M.K.,Ko,S.B.,& Yoon,B.W.(2018).FLAIR vascular hyperintensities predict early ischemic recurrence in TIA.Neurology,90(9),e738-e744.
[15]Xiang W,Wei H,Liang Z,et al.FLAIR vascular hyperintensity combined with asymmetrical prominent veins in acute anterior circulation ischemic stroke:prediction of collateral circulation and clinical outcome.Eur J Med Res.2023;28(1):446.Published 2023 Oct 19.
[16]郭艳利,胡示超,秦文宇.颅脑CT灌注成像相关指标与IMT对TIA进展为急性脑梗死的预测价值[J].罕少疾病杂志,2024,31(03):19-21.
[17]岑礼燕,罗中兴.短暂性脑缺血发作后30天内卒中的危险因素分析[J].罕少疾病杂志,2020,27(01):40-42.
[18]Uchiyama S.[Cerebral infarction].Nihon Rinsho.2006;64(11):2039-44.
[19]Park,M.H.,Lee,S.H.,& Jung,J.M.(2024).Recurrent Ischemic Stroke and Transient Ischemic Attack:Risk of Single and Multiple Recurrence.Journal of clinical medicine,13(19),5744.
[20]Xin Y,Zhou H,Xue MC,et al.Correlation of fluid-attenuated inversion recovery sequence vascular hyperintensity in magnetic resonance with collateral circulation and short-term clinical prognosis in acute ischemic stroke.Quant Imaging Med Surg.2024;14(6):4123-4133.
[21]黄竞远,李瑞峰,沈杉杉.磁共振常规序列结合加权弥散成像与CT扫描在急性脑梗死患者中的诊断价值研究[J].中国医学装备,2023,20(11):36-40.
[22]郭咏娣,武剑,宋晓微.DWI联合BNP、CysC及LDH检测在急性脑梗死预后判断中的作用[J].分子诊断与治疗杂志,2023,15(7):1164-1168.

(收稿日期：2025-09-17) (校对：韩敏求 排版：张鸿燊)