

AIP、TyG指数和HALP评分对脑卒中患者非计划再入院的联合预测价值研究

杨亚东, 常学优*, 李雪梅, 赵雅宁

华北理工大学护理与康复学院, 河北 唐山

收稿日期: 2026年1月12日; 录用日期: 2026年2月4日; 发布日期: 2026年2月14日

摘要

目的: 探讨动脉粥样硬化指数、甘油三酯葡萄糖乘积指数和血红蛋白、白蛋白、淋巴细胞和血小板综合评分对脑卒中患者非计划再入院的独立及联合预测价值。方法: 回顾性选取1050例脑卒中出院患者, 根据30天内是否发生非计划再入院分为病例组($n = 280$)和对照组($n = 770$)。首先进行单因素分析筛选相关因素, 再采用多因素Logistic回归分析明确非计划再入院的独立危险因素, 并通过受试者工作特征(ROC)曲线评估各指标及联合模型的预测效能。结果: AIP高、TyG指数高和HALP评分低是脑卒中患者非计划再入院的独立预测因素。ROC曲线分析显示, AIP、TyG指数和HALP评分的曲线下面积(AUC)分别为0.743、0.608和0.593, 而三者联合预测模型的AUC提升至0.814, 预测价值显著优于任一单一指标。结论: AIP、TyG指数和HALP评分是脑卒中患者非计划再入院的有效预测指标。由三者构建的联合预测模型具有更高的预测效能, 有助于临床早期识别再入院高风险患者并实施针对性干预。

关键词

脑卒中, 非计划再入院, 动脉粥样硬化指数, TyG指数, HALP评分, 预测价值

The Combined Predictive Value of AIP, TyG Index and HALP Score for Unplanned Readmission in Stroke Patients

Yadong Yang, Xueyou Chang*, Xuemei Li, Yaning Zhao

*通讯作者。

School of Nursing and Rehabilitation, North China University of Science and Technology, Tangshan Hebei

Received: January 12, 2026; accepted: February 4, 2026; published: February 14, 2026

Abstract

Objective: To investigate the independent and combined predictive value of the Atherogenic Index (AIP), the Triglyceride-Glucose (TyG) Index, and the Hemoglobin, Albumin, Lymphocyte, and Platelet (HALP) Score for unplanned readmission in stroke patients. **Methods:** This retrospective study included 1050 stroke patients discharged from the hospital. Based on the occurrence of unplanned readmission within 30 days, patients were categorized into a case group ($n = 280$) and a control group ($n = 770$). Univariate analysis was first conducted to screen for associated factors. Subsequently, multivariate logistic regression analysis was performed to identify independent risk factors for unplanned readmission. The predictive performance of individual indicators and a combined model was assessed using Receiver Operating Characteristic (ROC) curve analysis. **Results:** High AIP, high TyG index, and low HALP score were identified as independent predictive factors for unplanned readmission in stroke patients. ROC curve analysis revealed that the areas under the curve (AUC) for AIP, TyG index, and HALP score were 0.743, 0.608, and 0.593, respectively. The combined prediction model incorporating all three indicators achieved an AUC of 0.814, demonstrating significantly superior predictive value compared to any single indicator alone. **Conclusion:** AIP, TyG index, and HALP score are effective predictors of unplanned readmission in stroke patients. The combined prediction model constructed from these three indicators exhibits higher predictive efficacy and can aid in the early clinical identification of high-risk patients for readmission, enabling targeted interventions.

Keywords

Stroke, Unplanned Readmission, Atherogenic Index, Triglyceride-Glucose Index, Hemoglobin, Albumin, Lymphocyte, and Platelet Score, Predictive Value

Copyright © 2026 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

脑卒中是我国居民致死、致残的主要疾病之一，患者出院后的非计划再入院是临床面临的严峻挑战，它不仅反映预后不佳，也加重了医疗负担[1][2]。因此，早期识别再入院高风险患者至关重要。目前的风险预测多依赖于年龄、共病等传统因素，其预测效能有待提升。近年来研究表明，炎症反应与代谢紊乱在脑卒中的发生、发展及预后中扮演关键角色[3][4]。因此，探寻能客观反映这些病理过程的生物学标志物具有重要意义。动脉粥样硬化指数(AIP) [5]是评估脂代谢紊乱和动脉粥样硬化风险的敏感指标；甘油三酯-葡萄糖乘积指数(TyG 指数) [6]是识别胰岛素抵抗的可靠替代标志物；而血红蛋白、白蛋白、淋巴细胞和血小板综合评分(HALP 评分) [7]则能综合反映患者的营养与炎症状态。这三项指标均易于从常规检查中获得。然而，关于 AIP、TyG 指数和 HALP 评分在预测脑卒中患者非计划再入院中的价值，尤其是三者联合应用的预测效能，尚缺乏系统评价。基于此，本研究旨在通过回顾性分析，明确这三项指标对脑卒中患者非计划再入院的独立及联合预测价值，以期为临床风险分层提供更有效的工具。

2. 资料与方法

2.1. 一般资料

本研究为回顾性研究，连续选取 2023 年 8 月至 2024 年 9 月于华北理工大学附属医院神经内科出院的脑卒中患者 1050 例。纳入标准：(1) 年龄 ≥ 60 岁；(2) 符合《中国急性缺血性脑卒中诊治指南 2018》[8] 中关于缺血性脑卒中的诊断标准，并且经影像学检查及临床医师确诊；(3) 入院美国国立卫生研究院卒中量表(National Institutes of Health Stroke Scale, NIHSS)评分 ≤ 3 分；(4) 患者知情同意并自愿参加。排除标准：(1) 病历资料不完整的患者；(2) 主动退出本研究的患者；(3) 入院 24 小时内出院、转院或死亡的患者；(4) 因其他原因无法配合调查者；(5) 罹患严重躯体疾病，例如心、肝、肺、肾脏疾病以及血液疾病的患者。本研究经华北理工大学伦理委员会批准(2023157)，所有研究对象均签署知情同意书。

2.2. 研究方法

本研究采用回顾性分析的方法。所有基线数据均于患者出院当日完成收集，从医院电子病历系统提取患者的一般人口学资料、临床诊断及实验室检验结果。用结构化问卷调查收集如生活方式、心理状态等无法从病历中直接获取的信息。为评估出院后结局，研究人员于患者出院后第 31 天进行统一随访。随访内容主要包括用药依从性、体育锻炼、睡眠质量、焦虑状况以及是否发生非计划再入院。为确保随访数据的完整性与准确性，评估方式依据患者实际情况及便利性，灵活采用门诊面对面访谈、电话或微信访谈、以及上门随访等多种形式相结合的策略。

2.3. 研究工具

(1) 一般资料调查表，由研究者自行设计，内容包括性别、年龄、婚姻状况、居住地、文化程度、吸烟史、饮酒史、体质指数(BMI)及睡眠状况。相关定义采用临床常用标准：吸烟，指吸烟量 ≥ 1 支/天，且累计持续时间 ≥ 6 个月。饮酒，指不论饮酒类型，每次饮酒的酒精摄入量 ≥ 50 克，且频率 ≥ 1 次/周。

(2) 肌肉衰减状况评估采用由 Malmstrom 等编制的 SARC-F 量表进行评估。该量表是筛查肌肉衰减症的常用工具，具有较好的适用性。(3) 疾病相关临床指标，收集的指标包括共病情况、实验室生化指标及计算的复合指数。关键复合指数的计算公式与临界值确定方法如下：HALP 评分：计算公式为血红蛋白(g/L) \times 白蛋白(g/L) \times 淋巴细胞计数($10^9/L$)/血小板计数($10^9/L$)。血浆致动脉硬化指数(AIP)：计算公式为 $\log[\text{甘油三酯}(\text{mmol/L})/\text{高密度脂蛋白胆固醇}(\text{mmol/L})]$ 。其最佳临界值通过 ROC 曲线分析确定为 0.37。TyG 指数：计算公式为 $\ln[\text{空腹甘油三酯}(\text{mmol/L}) \times \text{空腹葡萄糖}(\text{mmol/L})/2]$ 。全身炎症反应指数(SIRI)：计算公式为：中性粒细胞计数($10^9/L$) \times 单核细胞计数($10^9/L$)/淋巴细胞计数($10^9/L$)。其他指标如低密度脂蛋白胆固醇(LDL-C)、同型半胱氨酸(Hcy)等直接取自实验室检验报告。(4) 生活方式与心理状态评估，用药依从性：采用中文版 Morisky 用药依从性量表(MMAS-8)进行评价。该量表共 8 个条目，总分 < 6 分表示用药依从性“较差”， ≥ 6 分表示“较好”。本研究中该量表的信度良好(Cronbach's $\alpha = 0.81$)。体育锻炼、睡眠质量、焦虑状况：通过结构化问卷调查进行评估。

2.4. 统计学方法

采用 SPSS 25.0 软件进行数据分析。计数资料以例数(百分比)表示，组间比较采用 χ^2 检验。将单因素分析中 $P < 0.1$ 的因素纳入多因素 Logistic 回归分析，以确定非计划再入院的独立危险因素，计算优势比(OR)及其 95% 置信区间(CI)。绘制 ROC 曲线评估各指标及联合模型的预测能力，以 AUC 评价预测效能。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

3. 结果

3.1. 两组患者的一般资料对比

单因素分析结果显示，病例组与对照组在年龄、吸烟状况、肌肉衰减、用药依从性、共病数量、LDL-C 水平、同型半胱氨酸水平、SIRI、AIP、TyG 指数和 HALP 评分上的差异均有统计学意义($P < 0.05$)。而性别、居住地、文化程度、饮酒状况、体育锻炼、焦虑状况及 BMI 在两组的分布无显著差异($P > 0.05$)。详见表 1。

Table 1. Comparison of general clinical data between the two groups of patients
表 1. 两组患者的一般资料比较

特征变量		对照组($n = 770$)	病例组($n = 280$)	χ^2 值	P 值
年龄(岁)	<70	663 (86.1)	99 (35.4)	265.648	<0.01
	≥70	107 (13.9)	181 (64.6)		
性别	男性	378 (50.9)	151 (46.1)	1.922	0.166
	女性	392 (49.1)	129 (53.9)		
居住地	城市	542 (70.4)	184 (65.7)	2.104	0.147
	农村	228 (29.6)	96 (24.3)		
文化程度	文盲或小学	198 (25.7)	89 (31.8)	3.911	0.141
	初中或高中或中专	476 (61.8)	157 (56.1)		
	大专及以上	96 (12.5)	34 (12.1)		
饮酒状况	无	675 (87.7)	236 (84.3)	2.038	0.153
	有	95 (12.3)	44 (15.7)		
吸烟状况	无	636 (82.6)	182 (65.0)	36.940	<0.01
	有	134 (17.4)	98 (35.0)		
肌肉衰减	无	635 (82.5)	212 (75.7)	6.005	<0.05
	有	135 (17.5)	68 (24.3)		
用药依从性	较好	471 (61.2)	141 (50.4)	9.872	<0.05
	较差	299 (38.8)	139 (49.6)		
体育锻炼	经常/有时	138 (17.9)	59 (21.1)	1.336	0.248
	偶尔/从不	632 (82.1)	221 (78.9)		
共病 (种)	0	249 (32.3)	43 (15.4)	43.375	<0.01
	1	301 (39.1)	104 (37.1)		
	≥2	220 (28.6)	133 (47.5)		
焦虑	无	584 (75.8)	220 (71.4)	2.116	0.146
	有	186 (24.2)	80 (28.6)		
BMI (kg/m^2)	<24.0	287 (37.3)	112 (40.0)	0.648	0.421
	≥24.0	483 (62.7)	168 (60.0)		

续表

	<4.10	506 (65.7)	157 (56.1)	8.204	<0.05
	≥4.10	264 (34.3)	123 (43.9)		
同型半胱氨酸(mmol/L)	<15	475 (61.7)	132 (47.1)	17.811	<0.01
	≥15	295 (38.3)	148 (52.9)		
SIRI	≤0.561	307 (39.9)	66 (23.6)	23.815	<0.01
	>0.561	463 (60.1)	214 (76.4)		
AIP	<0.37	537 (69.7)	59 (21.1)	198.170	<0.01
	≥0.37	233 (30.3)	221 (78.9)		
TyG 指数	≤8.92	519 (67.4)	128 (45.7)	40.839	<0.01
	>8.92	251 (32.6)	152 (54.3)		
HALP 评分	>57.82	341 (44.3)	72 (25.7)	29.678	<0.01
	≤57.82	429 (55.7)	208 (74.3)		

3.2. 老年缺血性脑卒中患者非计划再入院的多因素 logistic 回归分析

将单因素分析中有意义的变量纳入多因素 Logistic 回归模型。结果显示，在调整了其他混杂因素后，年龄 ≥70 岁、有吸烟史、共病数量多(尤其是 ≥2 种)、AIP 升高、TyG 指数升高和 HALP 评分降低是非计划再入院的独立危险因素($P < 0.05$)。Logistic 回归分析结果详见表 2。

Table 2. Multivariate logistic regression analysis of unplanned readmission
表 2. 非计划再入院多因素 logistic 回归分析

因素	β 值	标准误	Wald χ^2 值	P 值	OR 值	95% CI
年龄	2.277	0.216	111.059	<0.001	9.752	6.385~14.895
肌肉衰减	0.284	0.277	1.054	0.305	1.329	0.772~2.286
吸烟状况	1.643	0.267	38.003	<0.001	5.171	3.067~8.718
用药依从性	0.257	0.206	1.559	0.212	1.293	0.864~1.934
LDL-C	0.196	0.198	0.987	0.320	1.217	0.826~1.793
共患慢性病种类						
1 种	0.574	0.272	4.445	0.035	1.776	1.041~3.029
≥2 种	1.299	0.273	22.691	<0.001	3.664	2.147~6.252
同型半胱氨酸	0.276	0.195	1.990	0.158	1.317	0.898~1.932
SIRI	0.355	0.223	2.534	0.111	1.426	0.921~2.206
AIP	1.901	0.217	76.848	<0.001	6.691	4.374~10.234
TyG	1.480	0.207	51.095	<0.001	4.393	2.928~6.593
HALP 评分	1.040	0.215	23.462	<0.001	2.831	1.858~4.312
常量	-4.759	0.374	161.917	<0.001	0.009	

3.3. 各指标对非计划再入院的预测价值比较

ROC 曲线分析结果表明, AIP 的预测价值最高, 其次是 TyG 指数和 HALP 评分。将 AIP、TyG 指数和 HALP 评分三者联合构建预测模型时, 其 AUC 显著增大至 0.814, 表明联合模型具有优异的判别能力。各指标预测价值详见表 3(图 1)。

Table 3. Predictive values of the AIP, TyG index and HALP score
表 3. AIP、TyG 指数和 HALP 评分的预测价值

指标	AUC	95% CI	P 值
AIP	0.743	0.710~0.777	<0.001
TyG 指数	0.608	0.569~0.648	<0.001
HALP 评分	0.593	0.555~0.631	<0.001
联合预测	0.814	0.784~0.843	<0.001

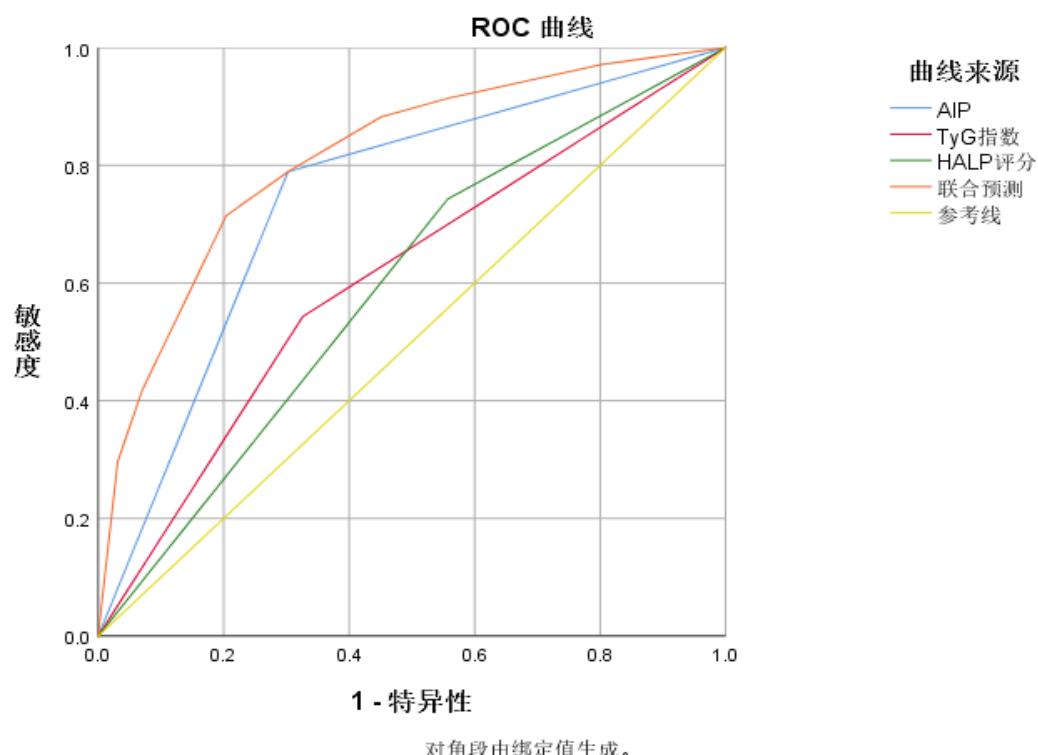


Figure 1. ROC curves of AIP, TyG index and HALP score for predicting unplanned readmission
图 1. AIP、TyG 指数和 HALP 评分预测非计划再入院的 ROC 曲线

4. 讨论

本研究通过回顾性分析 1050 例脑卒中患者的临床资料, 系统评估了 AIP、TyG 指数及 HALP 评分对非计划再入院的预测价值。在单因素分析中, 共有 11 个因素与再入院显著相关; 进一步的多因素 Logistic 回归分析则确认了六个独立预测因素, 其中年龄 ≥ 70 岁($OR = 9.752$)风险最高, 而本研究关注的三个核心指标 AIP ($OR = 6.691$)、TyG 指数($OR = 4.393$)和 HALP 评分($OR = 2.831$)均显示出显著的独立预测价值, 尤其 AIP 的贡献最为突出。最终的预测效能评估表明, 尽管单一指标的 AUC 值存在差异, 但三者构

建的联合预测模型展现出卓越的判别能力，其 AUC 值显著提升至 0.814。这一结果充分证明，AIP、TyG 指数和 HALP 评分能够从不同但互补的病理生理维度共同评估再入院风险，联合模型通过整合这些信息，实现了对患者整体风险状况更全面、更精准的评估，其预测价值显著优于任何单一指标。

首先，AIP 作为反映脂质代谢紊乱和动脉粥样硬化风险的敏感指标，其预测价值最为突出($OR = 6.691$)。这与杨等[9]的研究结论一致，即 AIP 升高与颈动脉斑块不稳定性及脑卒中复发风险显著相关。其内在机制可能在于，AIP 升高标志着致动脉粥样硬化性脂蛋白颗粒增多，直接加剧血管内皮炎症和斑块进展，从而为再发脑血管事件埋下隐患[10][11]。TyG 指数作为胰岛素抵抗的可靠替代标志物，其预测作用($OR = 4.393$)也与当前学术观点相符[12]。胰岛素抵抗可通过促进系统性炎症、氧化应激和内皮功能障碍等多条通路，恶化脑卒中后的脑组织损伤并阻碍修复，数项研究显示，高 TyG 指数人群的脑血管事件风险显著增加[13]。而 HALP 评分($OR = 2.831$)作为一个综合反映营养状况和系统炎症水平的新型指标，其预测价值在于，评分降低提示患者可能存在营养不良和免疫耗竭[14]。Jiang 等[15]曾报道较低的 HALP 评分与脑卒中患者的不良预后相关，机制可能与低营养状态削弱组织修复能力、炎症失衡增加感染等并发症风险有关[16]。其次，联合预测模型效能显著提升的根本原因，在于它从一个更全面的视角整合了脑卒中再入院的多重病理生理途径。脑卒中的发生与预后并非由单一因素决定，而是代谢、炎症、营养及血管基础等多系统交互作用的结果。AIP 主要刻画了动脉粥样硬化的脂代谢基础，TyG 指数揭示了胰岛素抵抗相关的代谢紊乱，而 HALP 评分则评估了机体的营养储备和炎症免疫状态。这三个指标分别从不同但又相互关联的维度刻画了患者的整体健康状况。单一的指标只能反映风险的某一个侧面，而联合模型则实现了对“代谢 - 炎症 - 营养”轴的综合评估，这与当前心血管疾病领域倡导的“整体风险评估”趋势高度契合。例如，一个患者可能 AIP 仅轻度升高，但如果同时存在显著的胰岛素抵抗(高 TyG)和营养不良(低 HALP)，其再入院风险则会成倍增加，这种复杂的风险交互只有通过联合模型才能被有效捕捉。

本研究作为单中心回顾性研究，存在不可避免的局限性，如潜在的选择偏倚，以及用药依从性等变量依赖自述可能带来的信息偏倚。未来需要设计多中心、大规模、前瞻性的队列研究来验证此模型的普适性，并探索将更多新型生物标志物纳入模型，以持续提升预测的精准度。

参考文献

- [1] 耿悦, 陈雨昂, 张蜜, 李俊晨, 谈炎欢. 磁敏感血管征在急性缺血性脑卒中疾病中的研究进展[J]. 磁共振成像, 2025, 16(5): 198-203.
- [2] 马玉婷, 王小燕, 窦丽. 基于随机森林算法的老年轻型缺血性脑卒中患者衰弱现状及风险模型构建[J]. 中华老年心脑血管病杂志, 2025, 27(2): 187-191.
- [3] 刘祖婷, 徐明欢, 杨学智, 莫佳丽, 刘星雨, 等. 全身炎症反应指数与缺血性脑卒中患者复发风险的关联性研究[J]. 中国全科医学, 2025, 28(5): 541-547.
- [4] 阮晓兰, 刘春英. 急性脑卒中与脂代谢紊乱的相关性分析[J]. 脑与神经疾病杂志, 2012, 20(3): 228-230.
- [5] 乔斌超, 陈小平, 蔺新红, 司妮璐, 贾永平. 血浆致动脉硬化指数与冠心病关系的研究进展[J]. 中西医结合心脑血管病杂志, 2025, 23(10): 1519-1523.
- [6] 杨婧怡, 徐道明, 张迪, 张碧云, 等. TyG 指数和 TyG-BMI 在绝经后骨质疏松症中的筛查价值初探[J]. 中华骨质疏松和骨矿盐疾病杂志, 2025, 18(5): 554-564.
- [7] 张宽顺, 吕殿亮, 石琳. HALP 评分作为初诊多发性骨髓瘤预后标志指标的意义[J]. 中国实验血液学杂志, 2025, 33(2): 442-446.
- [8] 中华医学会神经病学分会, 中华医学会神经病学分会脑血管病学组, 彭斌, 刘鸣, 崔丽英. 中国急性缺血性脑卒中诊治指南 2018[J]. 中华神经科杂志, 2018, 51(9): 666-682.
- [9] 杨笑, 孟媛媛, 杨靖仪, 王书函, 张立功. 血浆致动脉粥样硬化指数、三酰甘油-葡萄糖指数、脑小血管病影像学标志物对急性缺血性脑卒中患者静脉溶栓早期神经功能恢复的预测价值[J]. 首都医科大学学报, 2025, 46(1): 48-55.

-
- [10] 陈美姗, 张军. 血浆动脉粥样硬化指数及其累积暴露与中老年人脑卒中风险研究[J]. 公共卫生与预防医学, 2025, 36(5): 8-12.
 - [11] Wang, Y., Wang, S., Sun, S., Li, F., Zhao, W., Yang, H., et al. (2023) The Predictive Value of Atherogenic Index of Plasma for Cardiovascular Outcomes in Patients with Acute Coronary Syndrome Undergoing Percutaneous Coronary Intervention with LDL-C below 1.8mmol/L. *Cardiovascular Diabetology*, **22**, Article No. 150. <https://doi.org/10.1186/s12933-023-01888-3>
 - [12] Zhang, R., Hong, J., Wu, Y., Lin, L., Chen, S. and Xiao, Y. (2025) Joint Association of Triglyceride Glucose Index (tyg) and a Body Shape Index (ABSI) with Stroke Incidence: A Nationwide Prospective Cohort Study. *Cardiovascular Diabetology*, **24**, Article No. 7. <https://doi.org/10.1186/s12933-024-02569-5>
 - [13] 蔺茹月, 范建强, 王丽君, 张小曦, 沈红健, 等. 甘油三酯-葡萄糖指数与前循环大血管闭塞急性缺血性脑卒中的关系[J]. 海军军医大学学报, 2025, 46(4): 435-441.
 - [14] 程元辉, 刘峰, 江琴, 周敏, 练玉颖, 董志甫. 预后营养指数和 HALP 评分与中晚期前列腺癌病人预后的关系: 一项多中心回顾性研究[J]. 肠外与肠内营养, 2024, 31(4): 239-244+251.
 - [15] Jiang, T.T., Zhu, X.Y., Yin, Y.W., Liu, H.J. and Zhang, G.Y. (2025) The Prognostic Significance of Malnutrition in Older Adult Patients with Acute Ischemic Stroke. *Frontiers in Nutrition*, **12**, Article 1529784. <https://doi.org/10.3389/fnut.2025.1529754>
 - [16] Gao, W., Yu, L., Zhang, Y., Jin, S., Chen, Z., Chen, X., et al. (2025) Objective Nutritional Indices as an Independent Predictor of Functional Outcome after Endovascular Therapy for Acute Ischemic Stroke: A Cohort Study in a Chinese Population. *Frontiers in Nutrition*, **12**, Article 1504208. <https://doi.org/10.3389/fnut.2025.1504208>