·临床研究·

裂片红细胞比例联合红细胞参数与乳酸脱氢酶对血栓性血小板减少性紫癜的诊断价值

周玉洁，陆红

【摘要】目的　探讨裂片红细胞比例（FRC%）联合红细胞参数[红细胞计数（RBC）、血红蛋白（Hb）及平均红细胞体积（MCV）]与乳酸脱氢酶（LDH）对血栓性血小板减少性紫癜（TTP）的诊断价值。方法　收集 2020 年 1 月至 2025 年 9 月温州医科大学附属第一医院收治的微血管病性溶血性贫血（MAHA）患者 57 例（MAHA 组），其中 TTP 28 例（TTP 组），非 TTP 29 例（非 TTP 组）；另取同期收治的 36 例特发性血小板减少性紫癜（ITP）患者设为 ITP 组。比较各组间 FRC%、血小板（PLT）、红细胞计数（RBC）、血红蛋白（Hb）、乳酸脱氢酶（LDH）及平均红细胞体积（MCV）水平差异，通过受试者工作特征（ROC）曲线评估单独及联合指标对 TTP 的诊断效能。结果　MAHA 组 FRC%及 LDH 水平显著高于 ITP 组，同时伴更明显的 PLT、RBC 及 Hb 降低（均 $P < 0.05$）。TTP 组较非 TTP 组 FRC%、LDH 升高更显著（均 $P < 0.05$），TTP 组较非 TTP 组 PLT 降低更明显（$P < 0.05$）。ROC 曲线显示，FRC%诊断 TTP 的 *AUC* 为 0.887，联合 LDH、PLT、RBC、Hb 及 MCV 后提升至 0.963，灵敏度由 78.57%增至 92.86%，特异度由 93.10%增至 96.55%。结论　FRC%联合 PLT、RBC、Hb、LDH 及 MCV 的多参数诊断模型可显著提高 TTP 诊断效能，其高灵敏度与特异度可为临床实现 TTP 快速筛查提供有效策略。

【关键词】血栓性血小板减少性紫癜；裂片红细胞；血小板
DOI:10.3969/j.issn.1671-0800.2026.01.010
【中图分类号】R543　【文献标志码】A　【文章编号】1671-0800(2026)01-0041-04

血栓性血小板减少性紫癜（thrombotic thrombocytopenic purpura，TTP）为血栓性微血管病，发病机制主要为血管性血友病因子裂解蛋白酶 13（ADAMTS13）活性显著降低[1]。临床分型中，获得性免疫性 TTP（iTTP）占 TTP 病例的 95%，因缺乏特征性临床表现导致早期误诊率高达 60%以上[2-3]，且未及时治疗者 72 h 死亡率超过 90%。值得关注的是，TTP 与特发性血小板减少性紫癜（immune thrombocytopenia，ITP）初诊血常规检测中均呈现血小板（PLT）显著降低的共性特征[4-5]，与 ITP 患者不同的是 TTP 患者输注 PLT 可能会使病情更加严重[6-7]。TTP 与其他微血管病性溶血性贫血（microangiopathic hemolytic anemia，MAHA）亦是存在贫血及裂片红细胞比例（FRC%）升高，临床上难以鉴别。现行诊断 TTP“金标准”ADAMTS13 酶活性检测面临检测时效性差且可及性不足的缺点[8-9]。鉴于此，本研究拟探讨 FRC%联合红细胞参数[红细胞计数（RBC）、血红蛋白（Hb）及平均红细胞体积（MCV）]与乳酸脱氢酶（LDH）对 TTP 的诊断价值，现报道如下。

1　资料与方法

1.1　一般资料　收集 2020 年 1 月至 2025 年 9 月温州医科大学附属第一医院收治的 MAHA 患者 57 例（MAHA 组），其中 TTP 28 例（TTP 组），非 TTP 29 例（非 TTP 组）；另取同期收治的 36 例 ITP 患者设为 ITP 组。纳入标准：（1）TTP 患者符合 2022 年版诊断标准[10-11]；（2）ITP 患者符合 2019 年美国血液病学会（ASH）指南[12]，排除继发性血小板减少症；（3）非 TTP 患者符合 MAHA“三联征”表现[13]。排除标准：（1）合并严重肝功能障碍（Child-Pugh C 级）或恶性肿瘤骨髓转移者；（2）近期（6 周内）接受过化疗或放疗者；（3）确诊自身免疫性溶血性贫血（Coombs 试验阳性），或 Evans 综合征者；（4）临床数据缺失超过 20%者。

MAHA 组男 30 例，女 27 例；年龄 2 ～ 83 岁，平均（51.0±19.0）岁。TTP 组男 15 例，女 13 例；年龄 22 ～ 79 岁，平均（51.0±16.0）岁。非 TTP 组男 15 例，女 14 例；年龄 2 ～ 83 岁，平均（50.0±21.0）岁；原发

作者单位：325802 温州，温州医科大学附属第一医院
通信作者：陆红，Email：luhonglisa@163.com

性疾病为非典型溶血性尿毒症综合征（atypical haemolytic uraemic syndrome，a-HUS）4 例，移植相关血栓性微血管病 9 例，自身免疫性疾病相关血栓性微血管病 9 例，弥散性血管内凝血 7 例。ITP 组男 15 例，女 21 例；年龄 15 ～ 86 岁，平均（56.0±20.0）岁。

1.2　方法　收集患者入院时第一次实验室检测指标，包括 PLT、RBC、Hb 及 MCV，采用迈瑞全自动血细胞分析仪 CAL 8000 检测；血清 LDH 水平，采用贝克曼生化分析仪（AU 5800）检测；外周血涂片镜检计算 FRC%，即计数 1 000 个红细胞中 FRC 所占比例。

1.3　统计方法　数据采用 SPSS 27.0 和 prism 8.0 软件分析，正态分布计量资料以均数±标准差表示，采用 t 检验；非正态分布计量资料以 $M(P_{25}, P_{75})$ 表示，采用非参数检验。绘制受试者工作特征曲线（ROC）分析诊断效能，曲线下面积（*AUC*）比较采用 Delong 非参数法。$P < 0.05$ 表示差异有统计学意义。

2　结果

2.1　MAHA 组和 ITP 组指标比较　两组年龄及 MCV 水平差异均无统计学意义（均 $P > 0.05$），FRC%、PLT、RBC、Hb 及 LDH 水平差异均有统计学意义（均 $P < 0.05$），见表 1。

2.2　TTP 组和非 TTP 组指标比较　两组年龄、RBC、Hb 及 MCV 水平差异均无统计学意义（均 $P > 0.05$），FRC%、PLT 及 LDH 水平差异均有统计学意义（均 $P < 0.05$），见表 2。

2.3　各项指标单独或联合检测对 MAHA 的诊断价值　FRC%、PLT、RBC、Hb 及 LDH 单独诊断 MAHA 均有一定效能，见表 3。所有指标联合诊断 *AUC* 为 0.997，灵敏度为 98.25%，特异度为 100%，均高于各项指标单独诊断，差异均有统计学意义（均 $P < 0.03$），见图 1。

2.4　各项指标单独或联合检测对 TTP 的诊断价值　FRC%、PLT 及 LDH 单独诊断 TTP 均有一定效能，见表 4。所有指标联合诊断 *AUC* 为 0.963，敏感度为 92.86%，特异度为 96.55%，均高于各项指标单独诊断，差异均有统计学意义（均 $P < 0.05$），见图 2。

3　讨论

TTP 是一种罕见的临床急危重症，在人群中发病率为（3 ～ 11）/100 万，男女比为 1∶2。多数患者早期并未出现经典的“三联征”或“五联征”，当出现 PLT 减少和 MAHA 特征时，均应评估 TTP 的可能性[14]。血浆置换是 TTP 治疗的首选有效手段[15-16]，TTP 病情进展迅速，如果未及时治疗，病死率可高达 90%[17-18]。有研究表明，若能提高早期诊断效率，尽早行血浆置换治疗，可将 TTP 的生存率提升至 93%[19]。血常规、FRC%、血清 LDH 检测作为一种普及、简便、检测费用低、出报告时间快的实验室检测方法，共同联合检测可以为 TTP 早期诊断提供重要线索。

在 TTP 患者中，形成的微血管血栓使管腔狭窄，红细胞在流经时受到微血管挤压形成红细胞碎片，外周血中 FRC%增加。经研究发现，FRC%＞ 1%时，强烈提示血栓性微血管病（thrombotic microangiopathy，TMA）[20]。TTP 患者由于 PLT 在微血管内大量聚集消耗，形成血栓，导致外周血 PLT 计数显著减少。另外，TTP 患者因溶血导致 RBC 和 Hb 水平降低，出现贫血症状。LDH 广泛存在于人体各组织细胞中，当红细胞大量受到破坏时，红细胞内 LDH 释放入血，引起血清 LDH 水平升高，也可反映溶血程

表 1　MAHA 组与 ITP 组指标比较

指标	MAHA 组（n=57）	ITP 组（n=28）	t（Z）值	P 值
年龄（岁）	51.0±19.0	56.0±20.0	1.26	＞ 0.05
FRC%（%）	2.5（1.4，7）	0.1（0.1，0.1）	（7.62）	＜ 0.05
PLT（×10^9/L）	25±19	12±14	3.49	＜ 0.05
RBC（×10^{12}/L）	2.76±0.75	4.28±0.65	10.03	＜ 0.05
Hb（g/L）	82±21	125±20	9.69	＜ 0.05
LDH（U/L）	833±641	228±101	5.61	＜ 0.05
MCV（fL）	91.3±8.6	88.9±8.5	1.31	＞ 0.05

注：MAHA 为微血管病性溶血性贫血，ITP 为特发性血小板减少性紫癜，FRC% 为裂片红细胞比例，PLT 为血小板，RBC 为红细胞计数，Hb 为血红蛋白，LDH 为乳酸脱氢酶，MCV 为平均红细胞体积

表 2　TTP 组与非 TTP 组指标比较

指标	TTP 组（n=28）	非 TTP 组（n=29）	t（Z）值	P 值
年龄（岁）	51.0±16.0	50.0±21.0	0.34	＞ 0.05
FRC（%）	6.5（3.6，11.5）	1.5（1.0，2.3）	（5.01）	＜ 0.05
PLT（×10^9/L）	15±12	34±20	4.31	＜ 0.05
RBC（×10^{12}/L）	2.75±0.60	2.76±0.88	0.06	＞ 0.05
Hb（g/L）	80±15	84±25	0.80	＞ 0.05
LDH（U/L）	1 152±744	525±295	4.21	＜ 0.05
MCV（fL）	89.2±7.8	93.3±9.0	1.82	＞ 0.05

注：TTP 为血栓性血小板减少性紫癜，FRC% 为裂片红细胞比例，PLT 为血小板，RBC 为红细胞计数，Hb 为血红蛋白，LDH 为乳酸脱氢酶，MCV 为平均红细胞体积

表 3　各项指标对 MAHA 诊断效能比较

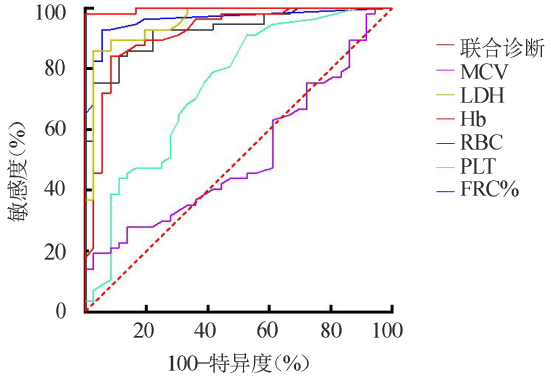
指标	*AUC*（95%*CI*）	截断值	灵敏度（%）	特异度（%）
FRC%	0.963（0.926 ～ 1.000）	0.007 5	92.98	94.44
PLT	0.741（0.633 ～ 0.848）	7×10^9/L	91.23	47.22
RBC	0.927（0.877 ～ 0.978）	3.53×10^{12}/L	84.21	88.89
Hb	0.918（0.856 ～ 0.979）	103 g/L	84.21	91.67
LDH	0.954（0.912 ～ 0.997）	333 U/L	85.96	97.22
MCV	0.514（0.395 ～ 0.633）	100 fl	19.30	97.22
联合诊断	0.997（0.991 ～ 1.000）	0.403 8	98.2	100.00

注：MAHA 为微血管病性溶血性贫血，FRC%为裂片红细胞比例，PLT 为血小板，RBC 为红细胞计数，Hb 为血红蛋白，LDH 为乳酸脱氢酶，MCV 为平均红细胞体积

表 4　各项指标对 TTP 诊断效能比较

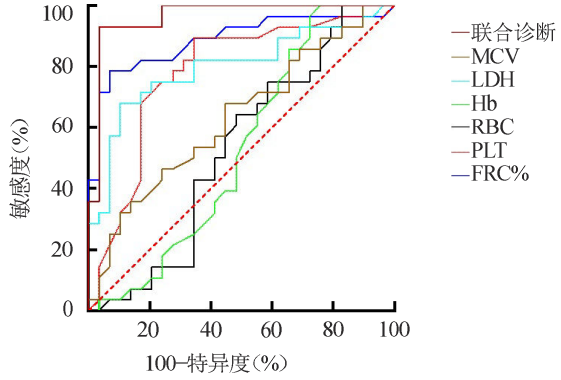
指标	*AUC*（95%*CI*）	截断值	灵敏度（%）	特异度（%）
FRC%	0.887（0.795 ～ 0.979）	3.6%	78.57	93.10
PLT	0.783（0.657 ～ 0.908）	30×10^9/L	89.29	65.52
RBC	0.528（0.373 ～ 0.682）	1.84×10^{12}/L	100.00	17.24
Hb	0.530（0.374 ～ 0.685）	107 g/L	100.00	24.14
LDH	0.797（0.676 ～ 0.918）	683.5 U/L	67.86	89.66
MCV	0.632（0.487 ～ 0.777）	90.55 fl	67.86	55.17
联合诊断	0.963（0.914 ～ 1.000）	0.569	92.86	96.55

注：TTP 为血栓性血小板减少性紫癜，FRC%为裂片红细胞比例，PLT 为血小板，RBC 为红细胞计数，Hb 为血红蛋白，LDH 为乳酸脱氢酶，MCV 为平均红细胞体积



注：MAHA 为微血管病性溶血性贫血，FRC%为裂片红细胞比例，PLT 为血小板，RBC 为红细胞计数，Hb 为血红蛋白，LDH 为乳酸脱氢酶，MCV 为平均红细胞体积

图 1　各项指标单独及联合诊断 MAHA 的 ROC 曲线



注：TTP 为血栓性血小板减少性紫癜，FRC%为裂片红细胞比例，PLT 为血小板，RBC 为红细胞计数，Hb 为血红蛋白，LDH 为乳酸脱氢酶，MCV 为平均红细胞体积

图 2　各项指标单独及联合诊断 TTP 的 ROC 曲线

度的敏感指标，辅助 TTP 的诊断。在 TTP 诊断 PLASMIC 评分系统中，MCV ＜ 90.0 fl 也可作为评分标准之一[21]，但在本次研究中，MCV 组间差异无统计学意义（P ＞ 0.05）。本研究结果显示，MAHA 组较 ITP 组 RBC 及 Hb 更低，FRC%升高更明显，说明溶血性贫血症状更严重；MAHA 组 PLT 因大量消耗降低更为显著。本研究通过 ROC 曲线分析，联合指标可将敏感度提升至 98.25%，特异度提升至 100%，对于初诊 PLT 减少患者，有助于临床医生第一时间排除 ITP。

TTP 组与非 TTP 组仅 FRC%、PLT 及 LDH 水平差异有统计学意义（均 P ＜ 0.05）。尽管 FRC%可以辅助诊断 TTP，特异度为 93.10%，但非 TTP 患者也可出现贫血、PLT 减少及 FRC%升高的情况，单项 FRC%指标敏感度仅为 78.57%。TTP 组 PLT 降低更明显，但特异性仅为 47.22%。TTP 组较非 TTP 组 LDH 升高更显著，说明溶血程度更严重，但 LDH 除外溶血还与心肌、肝脏等疾病相关，单项 LDH 敏感度为 67.86%。显然单一的指标诊断 TTP 存在局限性，灵敏度和特异度不够理想。TTP 患者与非 TTP

患者同时出现贫血、PLT 减少及 FRC%＞ 1%时，靠单一指标难以鉴别。本研究通过 ROC 曲线分析发现，通过联合指标将灵敏度提升至 92.86%，特异性提升至 96.55%，可明显提升 TTP 在 MAHA 中的鉴别诊断效能。

综上所述，FRC%联合红细胞参数与 LDH 诊断 TTP，其 *AUC* 达 0.963，特别是在急症场景中，联合指标可在采血后半小时内完成风险评估，与 ADAMTS13 活性检测（平均耗时 52 h）形成有效互补，为临床医生早期鉴别诊断 TTP 提供更有力的证据。

利益冲突　所有作者声明无利益冲突

作者贡献声明　周玉洁：数据整理，论文撰写，统计学分析；陆红：研究指导，论文修改，经费支持

参　考　文　献

[1] Azoulay E, Veyradier A, Cataland S, et al. Thrombotic thrombocytopenic *Purpura*: Early diagnosis and effective treatment in 2025[J]. Intensive Care Med, 2025, 51(7): 1225-1239.

[2] 侯兰芬,李文静,李丽.免疫性血栓性血小板减少性紫癜临床误诊分析[J].临床误诊误治,2024,37(14):1-4.

[3] 韩悦,戚嘉乾.血栓性血小板减少性紫癜诊治进展[J].临床血液学杂志,2024,37(7):462-467.

[4] Thomas M R, Scully M. How I treat microangiopathic hemolytic *Anemia* in patients with cancer[J]. Blood, 2021, 137(10): 1310-1317.

[5] Liu X G, Hou Y, Hou M. How we treat primary immune thrombocytopenia in adults[J]. J Hematol Oncol, 2023, 16(1): 4.

[6] Einarsdottir S, Rosander C, Frandberg S, et al. En sllsynt diagnos: trombotisk trombocytopen purpura (TTP) [J]. Lakartidningen, 2023, 120:23025.

[7] George J N, Charania R S. Evaluation of patients with microangiopathic hemolytic *Anemia* and thrombocytopenia[J]. Semin Thromb Hemost, 2013, 39(2): 153-160.

[8] Siniard R C, Gangaraju R, May J E, et al. Challenges in the diagnosis of thrombotic thrombocytopenic *Purpura*[J]. Expert Rev Hematol, 2023, 16(11): 861-869.

[9] Ozcan F, Kohrmann M, Petros S, et al. Thrombotisch-thrombozytopenische *Purpura*-eine differenzialdiagnostische Herausforderung im Notfall “,” Thrombotic thrombocytopenic *Purpura*—a differential diagnostic challenge in an emergency[J]. Med Klin Intensivmed Notfmed, 2023, 118(4): 301-308.

[10] 中华医学会血液学分会血栓与止血学组. 血栓性血小板减少性紫癜诊断与治疗中国指南(2022 年版)[J].中华血液学杂志,2022,43(1):7-12.

[11] Papakonstantinou A, Kalmoukos P, Mpalaska A, et al. ADAMTS13 in the New Era of TTP[J]. Int J Mol Sci, 2024, 25(15): 8137.

[12] 王夕妍,刘晓帆,薛峰,等.血栓性血小板减少性紫癜 83 例临床分析[J].中华血液学杂志,2020,41(3):216-221.

[13] 张文,冯晓蓓,马宏昆.非典型溶血性尿毒症综合征诊断上海专家共识[J].上海医学,2025,48(1):1-9.

[14] Hansen D L, Nilsson A C, Frederiksen H. Thrombotic thrombocytopenic purpura[J]. Ugeskr Laeger, 2021, 183(42):V03210230.

[15] Zheng X L. The standard of care for immune thrombotic thrombocytopenic *Purpura* today[J]. J Thromb Haemost, 2021, 19(8): 1864-1871.

[16] Galstyan G M, Maschan A A, Klebanova E E, et al. Treatment of thrombotic thrombocytopenic *Purpura*[J]. Terapevticheskii Arkhiv, 2021, 93(7): 826-829.

[17] Okoli S, Jenkins K A, Bojanowski C M. Current intensive care management of thrombotic thrombocytopenic *Purpura:* A case report and updated literature review[J]. J Intensive Care Med, 2023, 38(7): 592-597.

[18] 袁芬,陈建军,雷平,等.血栓性血小板减少性紫癜患者预后与疗效分析[J].中国实验血液学杂志,2023,31(5):1448-1454.

[19] Pishko A M, Li A, Cuker A. Immune thrombotic thrombocytopenic *Purpura*: A review[J]. JAMA, 2025, 334(6): 517-529.

[20] 吴莲凤,钱菁菁,陆红.破碎红细胞计数在血栓性微血管病诊断和治疗中的意义[J].中国卫生检验杂志,2022,32(4):461-464.

[21] Vyas A, Isaac S, Kaur D, et al. Role of the PLASMIC score in the management of thrombotic thrombocytopenic *Purpura*[J]. Cureus, 2023, 15(3): e36188.

收稿日期：2025-10-28

（本文编辑：钟美春）

· 编读往来 ·

医学文稿中缩略语使用须知

文题一般不使用缩略语，正文内也尽量不用。必须使用缩略语时，于首次出现出先叙述中文，然后括号注出英文全称及其缩略语，后两者用“,”分开，如该缩略语已公知，也可不注出其英文全称。缩略语不宜移行。

（本刊编辑部）