

• 论 著 •

血小板直方图异常时 PLT-I 结果可靠性的预测研究

肖 婷¹, 周 丽¹, 马嘉忆¹, 冯钰泽², 陈 鸣¹, 徐含青^{1△}

1. 陆军军医大学第一附属医院检验科, 重庆 400038; 2. 中国人民解放军陆军第八十三集团军医院检验病理科, 河南新乡 453000

摘 要:目的 通过对血小板直方图异常的非聚集样本的回顾性分析, 探讨预测血小板电阻抗法(PLT-I)结果可靠性的因素。方法 收集 322 例希森美康 XN9000 血液分析仪流水线上血小板直方图异常且 DI-60 全自动数字图像分析系统未见血小板聚集的样本。以低值血小板通道(PLT-F)结果为标准, 计算 PLT-I 结果的绝对偏差和相对偏差, 并分析偏差在允许范围内和超出允许范围两组样本的各项参数。采用 Logistic 回归分析 PLT-I 与 PLT-F 偏差超出允许范围的潜在因素, 受试者工作特征(ROC)曲线评价潜在因素对 PLT-I 与 PLT-F 偏差超出允许范围的预测价值。结果 PLT-I 与 PLT-F 偏差在允许范围内有 279 例(86.65%), 偏差超出允许范围 43 例(13.35%); 两组样本间比较, 平均红细胞体积(MCV)、红细胞分布宽度标准差(RDW-SD)、DI-60 红细胞碎片、血小板分布宽度(PDW)、DI-60 大血小板比率差异有统计学意义($P < 0.05$); Logistic 回归分析结果显示 DI-60 红细胞碎片、DI-60 大血小板比率是 PLT-I 与 PLT-F 偏差超出允许范围独立潜在因素($P < 0.05$); DI-60 红细胞碎片、DI-60 大血小板比率预测 PLT-I 与 PLT-F 偏差超出允许范围的截断值分别为 1.75 个和 66%; 两项联合的曲线下面积(AUC)为 0.813, 灵敏度为 88.4%, 特异度为 66.3%, 其预测价值优于单项($P < 0.05$)。结论 血小板直方图异常时, DI-60 大血小板比率和 DI-60 红细胞碎片是预测 PLT-I 结果是否可靠的潜在因素且两项联合具有较高的预测价值。

关键词:血小板计数; 直方图异常; 血小板电阻抗法; 偏差

DOI:10.3969/j.issn.1673-4130.2025.09.015

中图法分类号:R446.1

文章编号:1673-4130(2025)09-1097-07

文献标志码:A

Predictive study on the reliability of PLT-I results when platelet histograms are abnormal

XIAO Ting¹, ZHOU Li¹, MA Jiayi¹, FENG Yuze², CHEN Ming¹, XU Hanqing^{1△}

1. Department of Clinical Laboratory, the First Affiliated Hospital of Army Medical University, Chongqing 400038, China. 2. Department of Laboratory Pathology, the 83rd Group Army Hospital of the Chinese People's Liberation Army, Xinxiang, Henan 453000, China

Abstract: **Objective** To explore the factors predicting the reliability of platelet-impedance (PLT-I) results through a retrospective analysis of non-aggregated samples with abnormal platelet histograms. **Methods** A total of 322 samples with abnormal platelet histograms were collected from the Sysmex XN9000 automatic hematology analyzer, all of which showed no platelet aggregation as determined by the DI-60 automatic digital image analysis system. Using the platelet count fluorescent (PLT-F) results as a standard, the absolute and relative deviations of PLT-I results were calculated, and the parameters of samples with deviations within and outside the allowable range were analyzed. Logistic regression analysis was used to identify potential factors associated with deviations of PLT-I from PLT-F beyond the allowable range. The receiver operating characteristic (ROC) curve was used to evaluate the predictive value of these potential factors for deviations beyond the allowable range. **Results** The deviations of PLT-I from PLT-F were within the allowable range in 279 cases (86.65%) and outside the allowable range in 43 cases (13.35%). Comparisons between the two groups revealed statistically significant differences in mean red blood cell volume (MCV), red blood cell distribution width-coefficient of variation (RDW-SD), DI-60 red cell fragments, platelet distribution width (PDW), and DI-60 large platelet ratio ($P < 0.05$). Logistic regression indicated that DI-60 red cell fragments and DI-60 large platelet ratio were independent potential factors for deviations of PLT-I from PLT-F beyond the allowable range ($P < 0.05$). The cut off values for predicting deviations beyond the allowable range were 1.75 for DI-60 red cell fragments and 66% for DI-60 large platelet ratio. The area under the curve (AUC) for the combined diagnosis of the two factors was 0.813, with a sensitivity of 88.4% and a specificity of 66.3%.

indicating a higher predictive value than individual factors ($P<0.05$). **Conclusion** When platelet histograms are abnormal, DI-60 large platelet ratio and DI-60 red cell fragments are independent potential factors predicting the reliability of PLT-I results, and their combination has a high predictive value.

Key words: platelet count; abnormal histogram; platelet-impedance; deviation

血小板计数是全血细胞计数的重要组成部分,其准确性对于评估患者的出血倾向和血栓风险至关重要^[1-2]。目前最常用的血小板计数方法为血小板电阻抗法(PLT-I)。然而,文献报道 PLT-I 易受到各种因素干扰,如大血小板、血小板聚集、红细胞碎片、小红细胞、冷球蛋白、脂质等,可导致血小板计数的假性增加或减少^[3-4],常呈现出异常的血小板直方图。DI-60 全自动数字图像分析系统(简称 DI-60),在白细胞、红细胞分类和血小板估算方面展现出了良好的性能,并且在经过验证的异常样本中同样表现出可接受性^[5]。鉴于此,DI-60 系统已逐渐成为替代传统人工镜检的优选方法,应用于临床实践中。

流式细胞检测使用 CD41/CD61 抗体标记免疫法是血小板检测的国际参考方法(IRM)^[6],但其成本高且操作烦琐,难以在临床检测中推广应用。为提高血小板检测结果的可靠性,血细胞分析仪制造商在电阻抗通道基础上逐渐研发出基于血小板非特异性 RNA/DNA 荧光染色的光学通道(PLT-O)和对血小板特异性线粒体 DNA 和小胞体 RNA 荧光染色的低值血小板通道(PLT-F)作为血小板检测的补充。其中,PLT-F 检测结果与流式细胞仪法具有良好的相关性,结果精准可靠,可作为血小板检测的替代方法^[7]。大多文章报道 PLT-I 易受各种因素的干扰^[8],造成血小板的准确性低,重复性差等。因此,当血小板直方图异常即 PLT-I 检测受到干扰时,科学评估 PLT-I 结果是否可靠,对检验工作者审核血小板报告具有指导意义。

本文聚焦于血小板直方图异常的非聚集样本,结合血细胞分析仪及 DI-60 参数,以 PLT-F 为标准,剖析 PLT-I 检测结果的可靠性。比较 PLT-I 与 PLT-F 偏差超出允许范围和在允许范围内的两组样本红细胞、血小板相关参数及 DI-60 红细胞碎片、DI-60 大血小板比率的差异。通过 Logistic 回归分析筛选出可能导致 PLT-I 与 PLT-F 偏差超出允许范围的潜在因素,受试者工作特征(ROC)曲线分析潜在因素的预测价值并计算其截断值。

1 资料与方法

1.1 一般资料 收集陆军军医大学第一附属医院(下称本院)检验科血小板直方图异常且 PLT-I、PLT-O 和 PLT-F 数据完整的复检样本数据,排除血小板聚集样本^[9](DI-60 镜下 3 个以上 PLT 成团的情况 ≥ 2 处),共计 322 例进行回顾性分析。本研究获得本院伦理委员会批准[伦理批号(B)KY2021126]。

1.2 仪器与试剂 全自动血液分析仪及配套试剂、质控品(日本 Sysmex, XN9000);推片机(日本 Sysmex, SP10)及瑞氏-吉姆萨染液 A、B 液(珠海贝索)。全自动数字图像分析系统及配套浸油(瑞典 CellaVision AB, DI-60);试剂在有效期内,复检规则按要求完成验证并运行良好。XN9000 分析仪严格执行每年 2 次校准,每日 1 次室内质控,按照仪器标准规程进行操作。DI-60 已完成性能验证,应用于临床。

1.3 方法

1.3.1 相关参数 收集 322 例非聚集样本的红细胞测试结果包括红细胞计数(RBC)、平均红细胞体积(MCV)、红细胞分布宽度标准差(RDW-CV)、细胞分布宽度变异系数(RDW-SD);血小板测试结果包括血小板平均体积(MPV)、大血小板比率(P-LCR)、血小板分布宽度(PDW)、血小板压积(PCT)、PLT-I、PLT-O、PLT-F、网织血小板比率(IPF)、DI-60 阅片结果(DI-60 P-LCR、DI-60 红细胞碎片)。其中 DI-60 P-LCR 即人工审核后 DI-60 识别的大血小板数/白细胞数。DI-60 红细胞碎片即 DI-60 中的 PLT 手动计算 9 幅方形(0.89 HPF/square)捕获图像中平均每方形图的红细胞碎片数量。

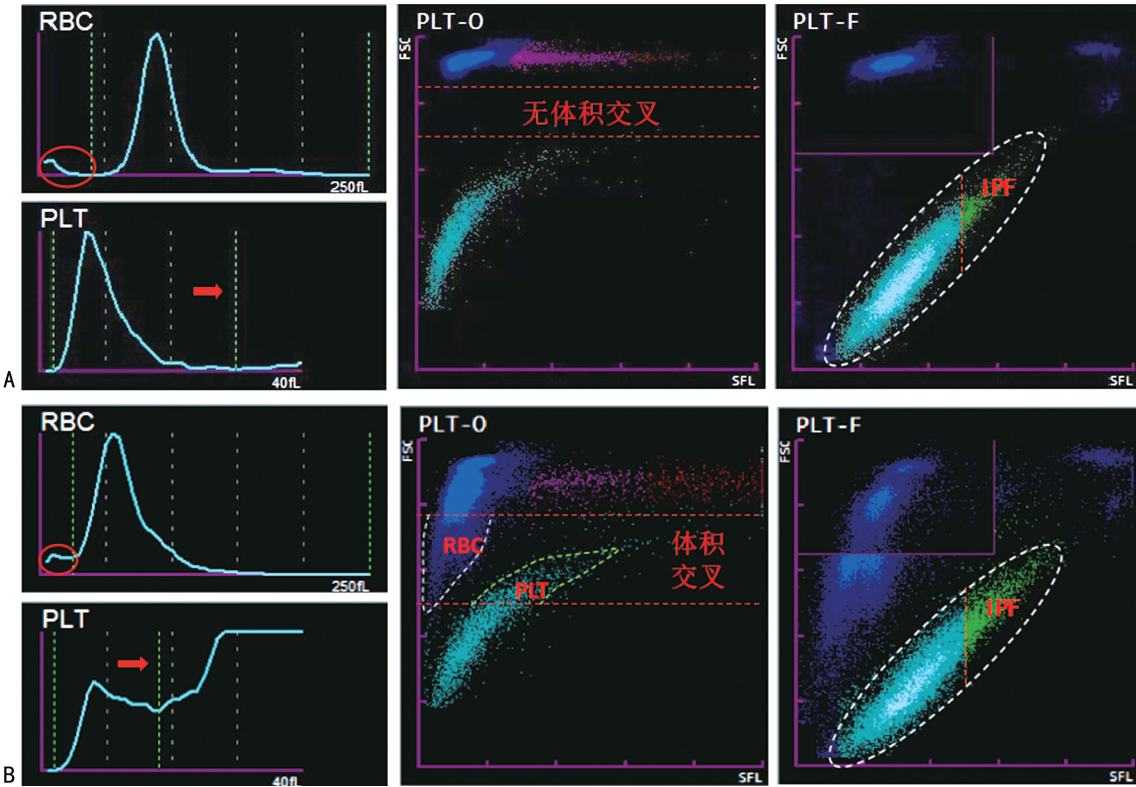
1.3.2 参照标准 参照 WS/T406-2012《临床血液学检验常规项目分析质量要求》^[10],以 PLT-F 为标准,当 $\text{PLT-F} \leq 100 \times 10^9/\text{L}$ 时,PLT-I、PLT-O 与 PLT-F 绝对偏差应 $\leq 20 \times 10^9/\text{L}$,当 $\text{PLT-F} > 100 \times 10^9/\text{L}$ 时,PLT-I、PLT-O 与 PLT-F 相对偏差应 $\leq 20\%$,即 PLT-I、PLT-O 与 PLT-F 绝对偏差 $> 20 \times 10^9/\text{L}$ 且相对偏差 $> 20\%$ 为不符合偏差要求。

1.4 正常和异常样本在不同血小板检测通道的直方图和散点图 图 1A 和 1B 分别展示了正常样本和异常样本红细胞、血小板的 PLT-I、PLT-O 和 PLT-F 直方图和散点图。正常样本检测时(图 1A),红细胞直方图呈峰值位于 80 fL 左右的正态分布,血小板直方图呈左偏态分布,右降支平滑,在 20 fL 左右逐渐与横坐标贴近。此时,红细胞和血小板直方图正常,PLT-I 中的浮动界标(红色箭头指示)可以在无体积交叉的位置将红细胞和血小板区分开。异常样本检测时(图 1B),红细胞直方图左移(体积变小),底部增宽(大小不均),血小板直方图右降支抬高(体积较大的粒子增加)并在尾端上翘(红细胞上升支进入血小板检测区)。此时,PLT-I 中的浮动界标(红色箭头指示)不能有效的将红细胞和血小板分隔在界标两侧,无法保证计数结果的可靠性,仪器常报警提示“血小板直方

图异常”。如 PLT-O 和 PLT-F 散点图示,两者均拥有前向散射光(FSC 纵坐标,反映体积大小)和侧向荧光(SFL 横坐标,反映荧光强度)两个维度,可以将体积交叉的红细胞和血小板散点进行有效的区分,从而实现抗干扰能力的提升。其中 PLT-F 通道还同时根据特异性染色后的荧光强度界定了未成熟血小板并计算其 IPF,未成熟血小板通常是大血小板。

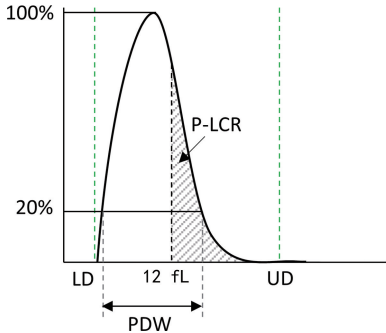
1.5 P-LCR、PDW 的计算方法 P-LCR: 12 fL 与 UD 之间的血小板粒子数与 LD 和 UD 之间的血小板

粒子数之比。PDW: 以血小板直方图的最高峰为 100%, 在 20% 的高度作一条线, 该直线与血小板直方图有两个交点, 且这两个交点在 LD 和 UD 之间, 两个交点之间的距离即 PDW。PDW 无法计算的原因是: (1) 当只有一个交点或两个以上的交点。(2) 任一交点在 LD 和 UD 之外。PDW 无法计算时, PDW、P-LCR、PCT、MPV 血小板四项参数(简称“四项参数”)将同时缺失, 仪器常报警提示“血小板直方图异常”。见图 2。



注: A 为正常样本的直方图和散点图; B 为异常样本的直方图和散点图。PLT-I 通道中 RBC、PLT 直方图中两条浮动界标(绿色虚线)之间的粒子数被计为红细胞和血小板; PLT 直方图为 RBC 直方图左侧红圈内的放大图。

图 1 正常和异常样本在不同检测通道的直方图和散点图



注: LD 为低值浮动界标, 浮动范围 2~6 fL; UD 为高值浮动界标, 浮动范围 12~30 fL。

图 2 血小板模拟直方图

1.6 统计学处理 采用 SPSS26.0、Graphpad Prism 8 统计学软件进行数据分析及绘图。采用 Kolmogorov-Smirnov、Shapiro-Wilk 检验计量资料的正态性。不符合正态分布的计量资料以 $M(P_{25} \sim P_{75})$ 、 M

(Min~Max) 表示, 组间比较采用 Mann-Whitney U 检验; 采用 Logistic 回归分析 PLT-I 与 PLT-F 偏差超出允许范围的潜在因素; 绘制 ROC 曲线, 计算曲线下面积(AUC)、灵敏度及特异度, AUC 差异比较采用 Delong 检验。以 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 PLT-I、PLT-O 与 PLT-F 的偏差分布 以 PLT-F 结果为标准, PLT-I、PLT-O 与 PLT-F 绝对偏差 $>20 \times 10^9/L$ 且相对偏差 $>20\%$ 为超出在允许范围。图 3 展示了 322 例血小板直方图异常的非聚集样本 PLT-I 和 PLT-O 的偏差情况。绝对偏差范围和相对偏差范围 PLT-I 为 $0 \sim 343 (\times 10^9)$ 和 $0\% \sim 215\%$, PLT-O 为 $0 \sim 40 (\times 10^9)$ 和 $0\% \sim 67\%$; 偏差在允许范围内(a+b+d 区)的样本数 PLT-I 为 279 例 (86.65%), PLT-O 为 322 例 (100.00%); 偏差超出允

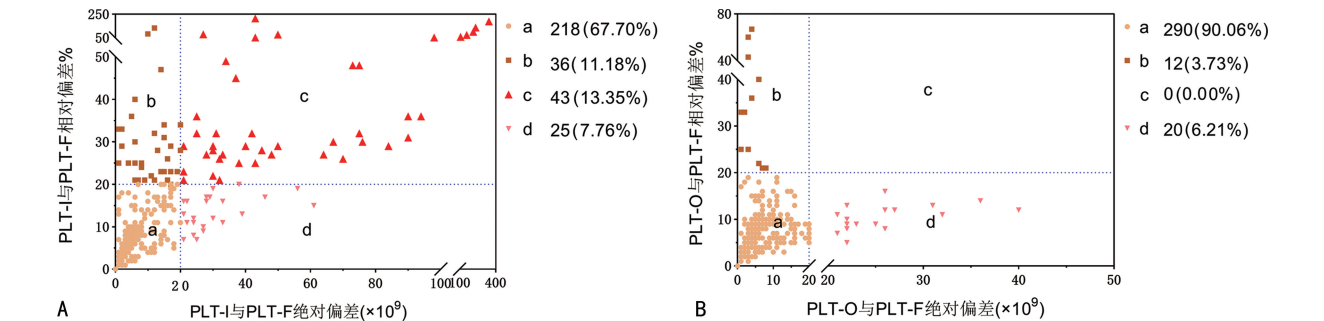
许范围(c 区)的样本数 PLT-I 为 43 例(13.35%), PLT-O 为 0 例。

2.2 PLT-I 不同偏差分组间参数的比较 将 PLT-I 与 PLT-F 的偏差分为在允许范围内(图 3A a、b、d, 279 例)和超出允许范围(图 3A c,43 例)两组,分别为 A 组和 B 组。322 例直方图异常的样本中有 181 例(56.20%)四项参数缺失。四项参数缺失的样本占 A 组的 51.97%(145/279),占 B 组的 83.72%(36/43)。对 A、B 组有四项参数的样本进行比较分析,B 组 PDW 和 PCT 大于 A 组,差异有统计学意义,MPV 和 P-LCR 两组间比较,差异无统计学意义($P>0.05$),见表 1。对 A、B 组其他参数进行比较分析,B 组 DI-60 红细胞碎片、DI-60 P-LCR 大于 A 组,MCV 小于 A 组,差异有统计学意义($P<0.05$),见表 2。

2.3 PLT-I 与 PLT-F 偏差超出允许范围影响因素分析 以 PLT-I 与 PLT-F 偏差是否超出允许范围为因变量(超出允许范围=1,在允许范围内=0),以单因

素分析结果中表现出显著差异的为自变量构建 Logistic 回归模型。结果显示 DI-60 红细胞碎片和 DI-60 P-LCR 是 PLT-I 与 PLT-F 偏差超出允许范围的潜在因素($P<0.05$),MCV 单因素分析时 $P=0.003$,而多因素分析时 $P=0.703$,见表 3。

2.4 DI-60 红细胞碎片、DI-60 P-LCR 预测 PLT-I 偏差超出允许范围的价值 将 Logistic 回归分析筛选出的 DI-60 红细胞碎片、DI-60 P-LCR 纳入分析,结果显示 DI-60 红细胞碎片、DI-60 P-LCR 预测 PLT-I 与 PLT-F 偏差超出允许范围的 AUC 为 0.692 和 0.618,截断值为 1.75 个和 66.0%。二项联合应用预测 PLT-I 偏差超出允许范围的 AUC 为 0.813,灵敏度为 88.4%,特异度为 66.3%,约登指数 0.547。二项联合预测价值优于单项($Z_{\text{二项联合-DI-60 红细胞碎片}}=3.053,P=0.002,Z_{\text{二项联合-DI-60 P-LCR}}=3.304,P=0.001$)。见表 4。



注:A 为 PLT-I 与 PLT-F 的偏差分布;B 为 PLT-O 与 PLT-F 的偏差分布;a 为绝对偏差 $\leq 20\times 10^9/L$ 且相对偏差 $\leq 20\%$;b 为绝对偏差 $\leq 20\times 10^9/L$ 但相对偏差 $>20\%$;c 为绝对偏差 $>20\times 10^9/L$ 且相对偏差 $>20\%$;d 为绝对偏差 $>20\times 10^9/L$ 但相对偏差 $\leq 20\%$ 。

图 3 PLT-I、PLT-O 与 PLT-F 的偏差分布

表 1 血小板四项参数的比较[M($P_{25}\sim P_{75}$)或 M(Min~Max)]

参数	A 组($n=134$)	B 组($n=7$)	Z	P
PDW(%)	19.70(17.00~21.80)	24.40(13.60~25.70)	-2.245	0.025
MPV(fL)	13.50(12.88~14.10)	13.70(11.50~15.60)	-1.140	0.254
P-LCR(%)	51.15(46.85~56.38)	50.80(36.40~67.00)	-0.494	0.622
PCT(%)	0.10(0.07~0.13)	0.17(0.13~0.43)	-3.063	0.002

表 2 红细胞及血小板其他相关参数的比较[M($P_{25}\sim P_{75}$)]

参数	A 组($n=279$)	B 组($n=43$)	Z	P
红细胞参数				
MCV(fL)	89.20(74.50~94.20)	77.40(66.90~92.40)	-2.556	0.011
RDW-SD(fL)	48.10(42.80~53.00)	44.00(39.40~51.40)	-2.033	0.042
RDW-CV(%)	15.80(14.10~18.40)	16.70(14.60~19.70)	-1.677	0.094
DI-60 红细胞碎片(个)	0.50(0.00~3.00)	1.50(0.00~9.00)	-4.177	<0.001
血小板参数				
PLT-I($\times 10^9/L$)	179.00(88.00~297.00)	73.00(47.00~110.00)	-5.218	<0.001
PLT-F($\times 10^9/L$)	75.00(47.00~117.00)	152.00(97.00~210.00)	-4.840	<0.001

续表 2 红细胞及血小板其他相关参数的比较[$M(P_{25} \sim P_{75})$]

参数	A 组($n=279$)	B 组($n=43$)	Z	P
PLT-I 与 PLT-F 绝对偏差($\times 10^9/L$)	6.00(2.00~13.00)	43.00(31.00~76.00)	-10.197	<0.001
PLT-I 与 PLT-F 相对偏差(%)	8.00(4.00~15.00)	31.00(27.00~49.00)	-9.685	<0.001
IPF(%)	14.50(8.60~21.40)	8.70(6.30~33.20)	-1.503	0.133
DI-60 P-LCR(%)	0.26(0.13~0.62)	0.51(0.18~1.13)	-2.483	0.013

表 3 Logistic 回归分析 PLT-I 偏差超出允许范围的潜在因素

参数	单因素分析			多因素分析		
	β	P	OR(95%CI)	β	P	OR(95%CI)
红细胞参数						
MCV(fL)	-0.039	0.003	0.962(0.937~0.986)	-0.006	0.703	0.994(0.965~1.024)
RDW-SD(fL)	0.069	0.085	1.071(0.991~1.158)	—	—	—
RDW-CV(%)	-0.026	0.125	0.975(0.943~1.007)	—	—	—
DI-60 红细胞碎片(个)	0.311	<0.001	1.365(1.200~1.554)	0.326	<0.001	1.385(1.190~1.613)
血小板参数						
IPF(%)	0.008	0.603	1.008(0.979~1.037)	—	—	—
DI-60 P-LCR(%)	0.394	0.044	1.483(1.010~2.175)	0.555	0.009	1.742(1.151~2.638)

注:—表示无数据。

表 4 DI-60 红细胞碎片、DI-60 P-LCR 预测 PLT-I 偏差超出允许范围的价值

指标	AUC	截断值	95%CI	灵敏度(%)	特异度(%)	约登指数
DI-60 红细胞碎片(个)	0.692	1.75	0.591~0.793	60.5	79.9	0.404
DI-60 P-LCR(%)	0.618	66	0.524~0.711	44.2	77.1	0.213
两项联合	0.813	—	0.758~0.867	88.4	66.3	0.547

注:—表示无数据。

3 讨 论

血小板是血常规检测中最容易受到干扰的参数。在外周血中,血小板体积 7~10 fL^[11],红细胞体积 80~100 fL,血小板的体积远小于红细胞。因此,在正常情况下,PLT-I 通过体积差异可将二者有效的区分和计数,从而获得形态正常且相互独立的红细胞和血小板直方图。然而,当存在血小板聚集、大血小板、小红细胞、红细碎片^[12]等干扰因素时,这些与血小板大小相近的粒子和血小板粒子出现交错和干扰,导致 PLT-I 所获得的红细胞和血小板直方图出现形态改变和相互融合,形成异常血小板直方图。异常血小板直方图的出现常提示 PLT-I 计数可能受到干扰。两项独立研究揭示,MCV 是 PLT-I 血小板计数的高估因素,并确立 MCV 低于 72.9 fL^[13]和 73.5 fL^[14]时,分别采用 PLT-O、PLT-F 来校正 PLT-I 的结果,可提高计数的准确性。此外,也有文献指出,当出现异常升高的 RDW/MCV 时,应及时采取 PLT-O 复查,以确保血小板计数的准确性^[15]。可见,当 PLT-I 受到非聚集干扰时,PLT-O 和 PLT-F 是当前主流的校正策略。但值得注意的是,虽然 PLT-I 计数易受干扰,但并非所有受干扰的 PLT-I 结果均不可接受。如

果所有受干扰的 PLT-I 结果都采用 PLT-O、PLT-F 复查,这无疑会影响报告时间并大幅提高检测成本。因此,本研究以 PLT-F 为标准,旨在探索预测 PLT-I 结果可靠性的各种因素。

PLT-F 具有 5 倍 PLT-I 的样本检测量^[16]和对血小板的特异性染色的特点计数结果精准可靠。本文对 322 例血小板直方图异常的非聚集样本进行分析,所有样本的 PLT-O 与 PLT-F 偏差都在允许范围内,这归因于 PLT-O 与 PLT-F 都具有二维区分能力,能够较准确识别和计数血小板。因此,当直方图异常时,推荐使用 PLT-O 或 PLT-F 进行复检^[17]。322 例样本中仅 43 例(13.35%)样本的 PLT-I 与 PLT-F 偏差超出允许范围,即受干扰的 PLT-I 结果 85.00%以上仍在可接受范围内。为深入探究,本文进一步分析了 PLT-I 与 PLT-F 偏差在允许范围内(279 例,A 组)和超出允许范围(43 例,B 组)两组样本的相关参数。

研究结果显示 PDW、MPV、P-LCR、PCT 4 项参数在血小板直方图异常时常常缺失,且 B 组缺失比率高于 A 组^[18]。文献报道血小板 4 项参数缺失常见于血小板减少、小红细胞、大血小板等干扰存在时^[19]。B 组缺失比率更高可能与其受到干扰强度更大有关,

干扰强度越大可能导致血小板直方图异常越明显,导致 20.00% 高度线(图 2)与血小板直方图的交点出现只有一个交点、两个以上交点或任一交点落在 LD 和 UD 的界限外,这些交点异常的情况出现使 PDW 无法计算,从而导致四项参数缺失。此外,B 组较 A 组的 MCV 均值更小、DI-60 红细胞碎片和 DI-60 P-LCR 均值更大,且差异有统计学意义。

本研究采用 Logistic 回归分析,筛选导致 PLT-I 与 PLT-F 偏差超出允许范围的潜在因素。通过单因素分析筛选出 MCV、DI-60 红细胞碎片、DI-60 P-LCR 作为可能的潜在因素,这一发现与相关研究 MCV 小于 65 fL^[20]、红细胞碎片^[21-22]、大血小板^[23-24] 干扰 PLT-I 结果一致。在多因素分析中,本研究发现仅 DI-60 红细胞碎片、DI-60 P-LCR 是两个独立的预测因素。表明 MCV 是其中一个相关因素但并非其独立的影响因素,可能因为 MCV 降低的样本常常同时伴有红细胞碎片增加。ROC 曲线分析这些因素的预测效能,结果显示 DI-60 红细胞碎片、DI-60 P-LCR 以及二项联合预测 PLT-I 偏差超出允许范围的 AUC 分别为 0.692、0.618、0.813。二项联合预测价值显著高于单一因素的预测价值,差异有统计学意义($P < 0.05$),该结果强调了判断 PLT-I 偏差是否超出允许范围时,需要同时考虑血小板和红细胞两者的干扰情况。当仅存在血小板或红细胞的干扰时,浮动界标位置的自动调整常可以对大部分的干扰进行纠正,避免或减少 PLT-I 偏差。而当同时存在血小板(如大血小板)和红细胞(如小红细胞、红细胞碎片)干扰时,两者的粒子体积常出现交错,浮动界标将难以将两者区分开来。

当 PLT-I 受到干扰时,实验室常采用血小板手工计数法或染色后油镜评估对血小板的结果进行纠正。这些方法的可靠性在实践中已经得到验证,但过程烦琐、耗时。本研究基于常规数据对 PLT-I 的可靠性进行研究,可有效预测 PLT-I 结果的可靠性,提高血小板的复检效率。但本研究未进行方法学的改进,基于 PLT-I 易受干扰的痛点,各种新技术也在不断涌现。一项研究报道存在大血小板和红细胞碎片时,采用 MC-80 数字形态分析仪的估计方法计数血小板,其不仅准确性高,而且其估算结果与 IRM 的血小板计数结果高度相关^[25]。另一项研究显示,混合型血小板计数(PLT-H)将阻抗通道的小血小板计数与 DIFF 通道的大血小板计数相结合,形成了一种新的血小板计数算法。该方法无需额外的试剂,实现了零成本提高检测可靠性^[26]。

综上所述,血小板直方图异常时 PLT-I 计数受到干扰,导致部分结果的偏差超出允许范围。偏差在允许范围内和超出允许范围两组样本间比较,MCV、RDW-SD、DI-60 红细胞碎片、PDW、DI-60 P-LCR 差

异有统计学意义($P < 0.05$),且偏差超出允许范围的血小板四项参数缺失比率更高。DI-60 红细胞碎片、DI-60 P-LCR(截断值为 1.75 个和 66.00%)二项联合可以作为预测 PLT-I 结果可靠性的指标。在确认 PLT-I 结果不可靠时,PLT-O 和 PLT-F 均可作为血小板计数的替代或纠正方法。该研究结果对血小板直方图异常时的复检具有较好的指导意义。

参考文献

- [1] KIM H Y, BANG S H, CHO D, et al. Performance evaluation of platelet counting of abbott alinity hq and sysmex XN-9000 automated hematology analyzer compared with international reference method[J]. Int J Lab Hematol, 2021, 43(3): 387-394.
- [2] TANTANATE C, KHOWAWISETSUT L, PATTANAPANYASAT K. Performance evaluation of automated impedance and optical fluorescence platelet counts compared with international reference method in patients with thalassemia[J]. Arch Pathol Lab Med, 2017, 141(6): 830-836.
- [3] TANTANATE C, KHOWAWISETSUT L, SUKAPIROM K, et al. Analytical performance of automated platelet counts and impact on platelet transfusion guidance in patients with acute leukemia[J]. Scand J Clin Lab Invest, 2019, 79(3): 160-166.
- [4] BACCINI V, GENEVIÈVE F, JACQMIN H, et al. Platelet counting: ugly traps and good advice. Proposals from the French-Speaking Cellular Hematology Group (GFHC)[J]. J Clin Med, 2020, 9(3): 808.
- [5] KIM HN, HUR M, KIM H, et al. Performance of automated digital cell imaging analyzer Sysmex DI-60[J]. Clin Chem Lab Med, 2017, 56(1): 94-102.
- [6] KLEE G, D'ONOFRIO G, ASSENDELFT OWV, et al. Platelet counting by the RBC/Platelet ratio method: a reference method[J]. Am J Clin Pathol, 2001, 115(3): 460-464.
- [7] CHEN S, MAO Z, WANG S, et al. Micro-red blood cell, fragmented red blood cell, platelet distribution width, mean platelet volume, and platelet-large cell ratio on Sysmex XN series hematology analyzers can be used for the reflex test of impedance platelet count in clinical practice[J]. Arch Pathol Lab Med, 2024, 148(1): 61-67.
- [8] 史东沙, 胡志东. PLT-F 通道在异常血小板计数检测中的应用进展[J]. 国际检验医学杂志, 2023, 44(5): 628-631.
- [9] 徐玉兵, 衣常红, 高春芳. Sysmex XE-2100D 血液分析仪各类报警信息可信度评价[J]. 检验医学, 2013, 28(11): 1044-1047.
- [10] 中华人民共和国卫生部. 临床血液学检验常规项目分析质量要求: WS/T 406-2012. [S]北京: 中国标准出版社, 2017: 7.
- [11] FOUASSIER M, BABUTY A, DEBORD C, et al. Platelet immunophenotyping in health and inherited bleeding dis-

- orders, a review and practical hints[J]. *Cytometry B Clin Cytom*, 2020, 98(6): 464-475.
- [12] 高羽高, 纪昕, 岳晓乐, 等. 血小板直方图异常时三种检测方法的比较研究[J]. *标记免疫分析与临床*, 2020, 27(9): 1616-1619.
- [13] BEN AYED M, GHARBI B, JAOUACHI E, et al. Concordance between platelet counts by impedance and optical technique during microcytic anemia: towards a threshold value of the mean corpuscular volume [J]. *Tunis Med*, 2024, 102(6): 372-376
- [14] DENG J, XIE S, CHEN Y, et al. Application of the fluorescence method on Sysmex XN9000 hematology analyzer for correcting platelet count in individuals with microcytosis[J]. *Lab Med*, 2023, 54(1): e10-e13.
- [15] CHEN N, JIANG R, ZHU L, LI Z. RDW/MCV in pseudo-thrombocytosis indicative value [J]. *Asian J Surg*, 2024, 12; S1015-9584(24)02030-X.
- [16] 金芳, 龙建成, 张春霞. Sysmex XN20 A1 全自动血细胞分析仪性能评价[J]. *中国医学装备*, 2016, 13(8): 31-34.
- [17] 张家明, 洪流, 卓少贤, 等. 三种血小板检测方法计数结果准确性评价[J]. *黑龙江医学*, 2022, 46(4): 427-428.
- [18] 黄维, 韦志炜. 血细胞分析仪血小板参数缺失的原因及对策[J]. *检验医学与临床*, 2014, 11(16): 2306-2307.
- [19] 李友琼, 覃桂芳, 阳文辉, 等. 血细胞分析仪检测血小板计数正常而其他参数不显示的原因探讨[J]. *国际检验医学杂志*, 2012, 33(12): 1490-1491.
- [20] 荆晶, 胡恩亮, 樊爱琳, 等. 低 MCV 引起 PLT 计数假性增高的实验研究[J]. *现代检验医学杂志*, 2018, 33(2): 108-110.
- [21] SLOTA A A, MALIK D, HALL D. Pseudo-thrombocytosis caused by extreme microcytosis in a patient with alpha thalassemia trait[J]. *Indian J Hematol Blood Transfus*, 2020, 36(4): 779-780.
- [22] GULATI G, UPPAL G, GONG J. Unreliable automated complete blood count results: causes, recognition, and resolution[J]. *Ann Lab Med*, 2022, 42(5): 515-530.
- [23] WANG L, HUANG J, LI X. Marked underestimation of platelet count and a characteristic platelet histogram as clues to MYH9-related disorders[J]. *Clin Lab*, 2024, 70(3): 610-613
- [24] WANG L, WANG H, LIANG H, et al. Giant platelets induce double interference in complete blood count[J]. *Ann Clin Lab Sci*, 2019, 49(4): 554-556.
- [25] GUO P, ZHANG C, LIU D, et al. Evaluation of artificial intelligence-assisted morphological analysis for platelet count estimation[J]. *Int J Lab Hematol*, 2024, 46(6): 1012-1018.
- [26] PROMPETCHARA E, PARNSAMUT C, CHIRAPANURUK A, et al. Performance evaluation of a novel platelet count parameter, hybrid platelet count, on the BC-780 automated hematology analyzer[J]. *Clin Chem Lab Med*, 2024, 62(4): 690-697.
- (收稿日期: 2024-06-02 修回日期: 2024-11-25)
-
- (上接第 1096 页)
- [13] 方红星, 胡祖霞, 张涛, 等. 过敏性紫癜患儿继发肾损害的危险因素分析[J]. *新乡医学院学报*, 2023, 40(9): 856-859.
- [14] 张丽丽, 林慧晶, 蒋丽军, 等. 血清骨膜蛋白、多配体蛋白聚糖 4 与紫癜性肾炎患儿肾脏病理分级的关系[J]. *实用临床医药杂志*, 2023, 27(6): 112-116.
- [15] 高蕾, 邵赞, 冯晓斌, 等. 血小板、白细胞计数联合 C 反应蛋白诊断小儿过敏性紫癜肾脏损害的意义探讨[J]. *系统医学*, 2023, 8(10): 138-141.
- [16] BLAZEVIC N, ROGIC D, PELAJIC S, et al. YKL-40 as a biomarker in various inflammatory diseases: a review[J]. *Biochem Med (Zagreb)*, 2024, 34(1): 1-15.
- [17] DENG Y, LI G, CHANG D, et al. YKL-40 as a novel biomarker in cardiometabolic disorders and inflammatory diseases[J]. *Clin Chim Acta*, 2020, 511(12): 40-46.
- [18] 范家明, 周培媚. YKL-40 在 2 型炎症性疾病中的研究进展[J]. *医学理论与实践*, 2024, 37(1): 29-32.
- [19] 陈怀安, 刘硕, 李秀君, 等. 甲壳质酶蛋白 40 对肾结核的诊断效能及关系研究[J]. *中国现代医学杂志*, 2019, 29(14): 110-113.
- [20] 朱慧静, 杨明明, 程霖, 等. 不同程度糖尿病慢性肾脏疾病患者血清 YKL-40 水平变化及其临床意义的观察[J]. *中国糖尿病杂志*, 2015, 23(8): 720-722.
- [21] ZHANG T, LI H, VANARSA K, et al. Association of urine sCD163 with proliferative lupus nephritis, fibrinoid necrosis, cellular crescents and intrarenal M2 macrophages[J]. *Front Immunol*, 2020, 11(1): 671-682.
- [22] SHERMAN K E, MEEDS H L, ROUSTER S D, et al. Soluble CD163 identifies those at risk for increased hepatic inflammation & fibrosis[J]. *Open Forum Infect Dis*, 2021, 8(6): 192-203.
- [23] 刘志杰, 郑启鹏, 徐晓丹, 等. CD163 在胆道闭锁肝纤维化中的表达及临床意义[J]. *天津医药*, 2023, 51(4): 400-403.
- [24] 寇朴怀, 苗建玲. 血清 sCD14、sCD163 水平与冠状动脉粥样硬化病变程度及稳定性的相关性[J]. *海南医学*, 2021, 32(15): 1915-1918.
- (收稿日期: 2024-04-28 修回日期: 2024-10-20)