

• 论 著 •

气动物物流传输系统性能对检验质量的影响

王海龙¹, 吴晶¹, 郑小雅², 王雅平¹, 陈丽丽¹, 宋振宝¹, 陈勋^{1△}

中国中医科学院西苑医院: 1. 检验科; 2. 感染疾病科, 北京 100091

摘要:目的 评估气动物物流传输系统(PTS)对传输样品运送效率和结果准确性的影响。方法 通过温湿度变送器分析 PTS 运送速度和温、湿度变化。选取含乙二胺四乙酸二钾(EDTA-K₂)、枸橼酸钠、肝素锂抗凝样品和含惰性分离胶促凝剂的样品, 分别用于全血细胞分析, 凝血酶原时间(PT)、活化部分凝血酶原时间(APTT), 肌钙蛋白 T(TnT)等心肌标志物, 以及葡萄糖(Glu)和乳酸脱氢酶(LDH)等的检测。按照转运方式分为人工转运组和 PTS 转运组, 而根据 PTS 转运次数分为转运 1 次组、转运 3 次组和转运前(对照)。统计分析各组差异, 并采用 1/3 允许总误差(1/3TEa)作为临床应用价值判定标准。结果 PTS 转运组在运送过程中的温、湿度改变与人工转运组比较, 差异无统计学意义($P > 0.05$), 但在运送时间方面明显快于人工转运组($P < 0.05$)。对于 PT、APTT、Glu 和 LDH 项目, 相较于转运前, 转运 1 次组和转运 3 次组的组间差异均有统计学意义($P < 0.01$), 并且其偏差均远超出 1/3TEa。然而, 对于血浆样品 Glu 和 LDH 项目, 相较于转运前, 转运 1 次组和转运 3 次组的组间差异有统计学意义($P < 0.05$), 但偏差均小于 1/3TEa。对于 TnT、红细胞计数和血细胞比容项目, 相较于转运前, 转运 1 次组或转运 3 次组在部分组间差异有统计学意义($P < 0.05$), 但其偏差均小于 1/3TEa。结论 PTS 能明显提升样品的运送效率, 但明显影响血浆样品 Glu 和 LDH 的检测, 可改用血清样品转运加以改善。PTS 会影响 PT 和 APTT 的检测, 不建议使用 PTS 转运凝血样品。

关键词:气动物物流传输系统; 样品运送; 质量控制; 性能验证

DOI:10.3969/j.issn.1673-4130.2025.12.016 中图法分类号:R446

文章编号:1673-4130(2025)12-1498-05 文献标志码:A

Effect of performance of pneumatic logistics transmission system on quality of laboratory medicine

WANG Hailong¹, WU Jing¹, ZHENG Xiaoya², WANG Yaping¹, CHEN Lili¹,
SONG Zhenbao¹, CHEN Xun^{1△}

1. Clinical Laboratory Center; 2. Department of Infectious Diseases, Xi Yuan Hospital, China
Academy of Chinese Medicine Sciences, Beijing 100091, China

Abstract: Objective To evaluate the effect of pneumatic logistics transport system (PTS) on the transportation efficiency of the transferred samples and the accuracy of the results. **Methods** The transportation speed, temperature and humidity change of PTS were analyzed by temperature and humidity transmitter. Anti-coagulant samples containing disodium ethylenediaminetetraacetate (EDTA-K₂), sodium citrate, lithium heparin and samples containing inert separation gel coagulant were selected, and used respectively for complete blood cell analysis, prothrombin time (PT), activated partial prothrombin time (APTT), troponin T (TnT) and other myocardial markers, as well as the detection of items such as glucose (Glu) and lactate dehydrogenase (LDH). According to the transfer mode, they were divided into the manual transfer group and the PTS transfer group, and according to the number of PTS transfers, they were divided into the one-time transfer group, the three-time transfer group and before transfer (control). The differences among each group were statistically analyzed, and 1/3 allowable total error (1/3TEa) was adopted as the criterion for determining the clinical application value. **Results** There was no statistically significant difference in the changes of temperature and humidity during the transportation process of PTS compared with manual transportation ($P > 0.05$), but it was significantly faster than manual transportation in terms of transportation time ($P < 0.05$). Compared with before transfer, the differences between the PT, APTT, Glu and LDH items in the one-time transfer group and the three-time transfer group were statistically significant ($P < 0.01$), and their deviations were

all much greater than $1/3TEa$. However, in the plasma samples, compared with before transport, there were statistically significant differences in Glu and LDH between the one-time transfer group and the three-time transfer group ($P < 0.05$), but the deviations were all less than $1/3TEa$. For the items of TnT, red blood cell count and hematocrit, compared with before transfer, there were statistically significant differences between some groups of the one-time transfer group and the three-time transfer group ($P < 0.05$), but the deviations were all less than $1/3TEa$. **Conclusion** PTS can significantly improve the transportation efficiency of samples, but it significantly affects the detection of Glu and LDH in plasma samples, which can be improved by using serum sample transportation instead. In addition, PTS also affects the detection of PT and APTT, and it is not recommended to use PTS to transport coagulation specimen.

Key words: pneumatic logistics transmission system; specimen delivery; quality control; performance verification

ISO 15189 是由国际标准化组织 (ISO) 面向医学实验室质量和能力方面而组织编写的一项国际性标准,其目的是为医学实验室提供一个较为全面的质量管理体系框架,以确保检验结果的准确性和可靠性^[1]。我国当前等同采用 ISO 15189 最新版的 CNAS-CL02:2023 文件已于 2023 年 12 月 1 日开始实施,在此版准则条款 7.2.5 C 中,特别强调了在样品运送环节的重要性,要求实验室应建立并定期评估样品运送系统,以确保其有效性^[2]。这一要求凸显了样品传输系统在检验前过程中对质量保障的关键角色。随着工业 4.0 时代的来临,提升信息物流体系的建设已成为当务之急。目前,国内多数大型医疗机构已配备气动物流传输系统 (PTS)、轨道小车物流传输系统 (ETV) 或者自动导引小车系统 (AGV) 等设备,作为人工转运检验样品的补充^[3],其中 PTS 在医学实验室的应用最为广泛。然而,有关 PTS 及其他传输系统性能评价方面的研究和指南文件不足,本文试图通过对传输设备的温、湿度和传输速度等物理因素,以及对检验质量潜在影响因素进行研究,评估 PTS 的性能,以期为后续样品运送系统的标准性能验证方案的制订提供参考。

1 材料与方法

1.1 仪器 本实验室 PTS 采用德国 Swisslog,传输速度 $6 \sim 8$ m/s,转运过程中温、湿度监控使用龙邦科技 LBCC-16 基于 GPRS 传输的温湿度变送器。COBAS C701 全自动生化分析仪和 COBAS E802 全自动电化学分析仪均购自罗氏诊断产品(上海)有限公司。CN600 全自动凝血分析流水线及 N9100 全自动血液分析流水线均购自希森美康医用电子(上海)有限公司。

1.2 试剂与样品采集管 钾(K)、钠(Na)和氯(Cl)试剂盒购自北京百龙腾(武汉)科贸有限公司,葡萄糖(Glu)、肌酸激酶(CK)和乳酸脱氢酶(LDH)试剂盒购自中生北控生物科技股份有限公司,肌钙蛋白 T (TnT)、CK 同工酶 MB(CK-MB)、肌红蛋白(Myo)和

N 末端脑利钠肽前体(NT-pro-BNP)试剂盒购自罗氏诊断产品(上海)有限公司,凝血酶原时间(PT)、活化部分凝血酶原时间(APTT)试剂盒购自希森美康医用电子(上海)有限公司。含乙二胺四乙酸二钾(EDTA-K₂)抗凝剂、枸橼酸钠抗凝剂、肝素锂抗凝剂采集管和含惰性分离胶促凝剂血清样品采集管均使用 VACU-ETTE 非可替品牌的样品采集管。

1.3 方法 根据检验项目的差别,留取装于不同类型的样品采集管的样品。选取 EDTA-K₂ 抗凝剂血液样品,用于检测红细胞计数(RBC)、血细胞比容等(HCT)等全血细胞分析项目;分别选取含肝素锂抗凝剂的样品和含惰性分离胶促凝剂的样品,离心后分离血浆或血清,用于 TnT、CK-MB、Myo、NT-pro-BNP、K、Na、Cl、Glu、CK 和 LDH 项目的检测;选取含枸橼酸钠抗凝剂的样品检测 PT 和 APTT 项目。按照样品转运方式分为人工转运组和 PTS 转运组,而 PTS 转运根据转运次数又分为转运 1 次组和转运 3 次组,未开始实施转运的样品以转运前作为对照。除凝血类项目因样品量原因每份样品连续检测 2 次外,其余项目在每一组别均连续检测 3 次。所选样品无脂血、黄疸、溶血,且尽量涵盖不同项目的高、低浓度水平。为了分析 PTS 是否会对检测项目产生趋势性影响,本研究结合实验室具体工作情况,选择 PTS 传输时间最长、距离最远、楼层上升坡度最大的终端作为本次研究的 PTS 传输验证站点。同时,为验证影响因素的累积作用并模拟样品经 PTS 传输后漏取情况,特意增加 PTS 转运 3 次组。在样品转运过程中,传输温湿度变送器将自动记录传输时间和温、湿度变化。当样品传输至实验室后,将根据检验项目类型,按照统一标准操作程序完成各项目的检验。

1.4 统计学处理和判定标准 应用 SPSS22.0 统计软件进行数据分析。服从正态分布的计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,多组比较采用单因素方差分析,进一步两两比较采用 LSD-*t* 检验。 $P < 0.05$ 表示差异有统计学意义。同时,为确定其临床应用价值,以 $\leq 1/3$ 允许

总误差(TEa)作为判定标准,而 TEa 来源于国家卫生健康委临床检验中心室间质量评价标准。

2 结果

2.1 人工转运组和 PTS 转运组运输样品物理因素比较 人工转运组和 PTS 转运组在运送过程中温、湿度方面差异无统计学意义($P>0.05$),但在运送时间方面,PTS 转运组传输时间[(70±2)秒/次]明显快于人工转运组[(390±15)秒/次],差异有统计学意义($P<0.05$)。

2.2 PTS 对心肌标志物项目的影响 TnT 在低浓度水平时,转运前、转运 1 次组与转运 3 次组差异均有统计学意义($P<0.05$),但其偏差分别为 -0.81% 和 -2.44%,均小于 ±10%(1/3TEa)。TnT 在高浓度水平时,以及其他心肌标志物 CK-MB、Myo、NT-pro-BNP 无论在高、低浓度水平,各组间差异均无统计学意义($P>0.05$)。见表 1。

2.3 PTS 对部分生化项目的影响

2.3.1 PTS 对血浆样品部分生化项目的影响 在使用含肝素锂抗凝剂的样品转运后,分离血浆分别进行离子、Glu 等生化项目的检测。对于 Glu 和 LDH 项目,转运 1 次组和转运 3 次组相较于转运前差异均有统计学意义($P<0.01$);相较于转运前,转运 1 次组、转运 3 次组 Glu 和 LDH 偏差分别为 -22.08%、-29.06%和 17.82%、29.90%,均远超出其 1/3TEa 标准(Glu 的 1/3TEa 为 7%,LDH 的 1/3TEa 为 11%)。见表 2。

2.3.2 PTS 对血清样品部分生化项目的影响 对同一患者的血清样品进行 Glu 和 LDH 检测发现,相较于转运前,Glu 的高浓度样品和 LDH 的高、低浓度样品分别在转运 1 次组和转运 3 次组差异均有统计学意义($P<0.05$),但这种差异均低于 1/3TEa 标准。见表 3。

表 1 PTS 对心肌标志物的影响($\bar{x}\pm s$)

组别	TnT(ng/mL)		CK-MB(ng/mL)		Myo(ng/mL)		NT-pro-BNP(pg/mL)	
	水平 1	水平 2	水平 1	水平 2	水平 1	水平 2	水平 1	水平 2
转运前	0.124±0.002	1.727±0.006	15.8±0.2	2.3±0.1	124±1	250±1	1 181±9	25 429±160
转运 1 次组	0.123±0.001	1.720±0.010	15.8±0.3	2.3±0.1	123±1	251±2	1 192±19	25 567±131
转运 3 次组	0.120±0.001 ^{ab}	1.680±0.044	15.8±0.1	2.2±0.1	124±1	250±3	1 179±8	25 254±374

注:与转运前比较,^a $P<0.05$;与转运 1 次组比较,^b $P<0.05$ 。

表 2 PTS 对血浆样品部分生化项目的影响($\bar{x}\pm s$)

组别	K(mmol/L)		Na(mmol/L)		Cl(mmol/L)	
	水平 1	水平 2	水平 1	水平 2	水平 1	水平 2
转运前	4.06±0.02	4.78±0.01	135.94±0.55	136.51±0.29	105.16±0.15	101.92±0.13
转运 1 次组	4.07±0.03	4.77±0.02	135.47±0.83	136.54±0.48	105.08±0.76	102.75±0.25
转运 3 次组	4.05±0.02	4.73±0.02	135.73±0.57	135.28±0.46	105.90±0.84	101.81±0.26

组别	Glu(mmol/L)		CK(U/L)		LDH(U/L)	
	水平 1	水平 2	水平 1	水平 2	水平 1	水平 2
转运前	4.68±0.04	6.26±0.06	231.13±1.44	84.16±0.25	313.27±3.77	236.88±2.59
转运 1 次组	3.65±0.02 ^a	5.03±0.04 ^a	232.42±0.16	85.33±0.84	369.11±3.70 ^a	268.06±1.97 ^a
转运 3 次组	3.32±0.03 ^{ab}	4.70±0.09 ^{ab}	232.88±1.30	85.70±0.35	406.94±1.49 ^{ab}	310.12±7.36 ^{ab}

注:与转运前比较,^a $P<0.01$;与转运 1 次组比较,^b $P<0.01$ 。

表 3 PTS 对血清样品 Glu 和 LDH 的影响($\bar{x}\pm s$)

组别	Glu(mmol/L)				LDH(U/L)			
	水平 1	水平 1 偏差(%)	水平 2	水平 2 偏差(%)	水平 1	水平 1 偏差(%)	水平 2	水平 2 偏差(%)
转运前	4.58±0.02	0.00	6.48±0.05	0.00	279.38±3.24	0.00	213.87±2.28	0.00
转运 1 次组	4.51±0.02	-1.53	6.34±0.01 ^a	-2.21	283.85±1.09 ^a	1.60	223.06±1.87 ^a	4.29
转运 3 次组	4.54±0.04	-0.87	6.28±0.05 ^a	-3.08	288.25±1.64 ^{ab}	3.17	222.37±0.61 ^a	3.97

注:与转运前比较,^a $P<0.05$;与转运 1 次组比较,^b $P<0.05$ 。

2.4 PTS 对凝血项目检测样品传输的影响 PT 和 APTT 作为最为常用的凝血项目,相较于转运前,在高、低浓度样品中,转运 1 次组和转运 3 次组差异均有统计学意义($P < 0.05$),并且 PT 和 APTT 的转运 1 次组、转运 3 次组对比转运前的偏差分别为 -5.68% 、 -12.12% 和 -5.42% 、 -15.58% ,均高于 $1/3TEa$ 标准(PT 和 APTT 的 $1/3TEa$ 均为 5%)。同时,在低浓度样品中,转运 3 次组与转运 1 次组差异有统计意义($P < 0.05$),偏差分别为 -6.83% 和 -10.74% ,同样均高于 $1/3TEa$ 标准。见表 4。

2.5 PTS 对全血细胞分析样品传输的影响 全血细胞分析项目中,RBC 和 HCT 相较于转运前,在低浓

度样品中,转运 1 次组和转运 3 次组差异均有统计学意义($P < 0.05$),但此种差异均低于 $1/3TEa$ 标准。在相应高浓度样品中,各组间差异均无统计学意义($P > 0.05$)。此外,各组间其余项目差异也均无统计学意义($P > 0.05$)。见表 5。

表 4 PTS 对凝血项目的影响($\bar{x} \pm s, s$)

组别	PT		APTT	
	水平 1	水平 2	水平 1	水平 2
转运前	13.2±0.1	50.6±0.4	22.2±0.1	57.6±0.2
转运 1 次组	12.5±0.1 ^a	45.7±1.1 ^a	21.0±0.2 ^a	53.6±0.8 ^a
转运 3 次组	11.6±0.3 ^{ab}	45.4±0.1 ^a	18.7±0.1 ^{ab}	53.2±0.2 ^a

注:与转运前比较,^a $P < 0.05$;与转运 1 次比较,^b $P < 0.05$ 。

表 5 PTS 对全血细胞分析项目的影响($\bar{x} \pm s$)

组别	WBC($\times 10^9/L$)		RBC($\times 10^{12}/L$)		Hb(g/L)		HCT		PLT($\times 10^9/L$)	
	水平 1	水平 2	水平 1	水平 2	水平 1	水平 2	水平 1	水平 2	水平 1	水平 2
转运前	1.95±0.01	7.47±0.34	3.79±0.01	5.58±0.40	116±1	153±2	0.348±0.000	0.482±0.015	71±2	416±22
转运 1 次组	1.96±0.04	6.77±0.19	3.83±0.02 ^a	5.98±0.07	117±1	159±3	0.353±0.002 ^a	0.504±0.005	70±1	388±17
转运 3 次组	1.97±0.03	7.96±0.17	3.84±0.02 ^a	5.76±0.04	116±1	155±1	0.354±0.002 ^a	0.488±0.003	71±3	447±1

注:WBC 为白细胞计数;Hb 为血红蛋白;PLT 为血小板计数;与转运前比较,^a $P < 0.05$ 。

3 讨 论

PTS 是通过空气泵对管道内空气进行吸取或压缩产生动能,并以此作为动力源,推动载物胶囊高效地向目标站点移动,从而实现物品快速运输的系统^[4]。不同传输系统具有不同的特点和适用场景,PTS 其载重范围多在 $1.5 \sim 6.5$ kg,且运行速度能够有效应对快速需求。在样品的运送方面,其速度较人工转运提升 5 倍以上,尤其适合小容量、紧急的传输需求,能够显著提升工作效率^[5]。然而,对于大容量或重载物品的运输,实验室也可考虑结合 ETV 或 AGV 等其他物流系统的使用,这将能够实现更高效、灵活的物流管理^[6]。

TnT 是心肌细胞中含量较高的蛋白质之一。在心肌受损时,TnT 会释放到血液中,其在血液中水平的升高可以提示心肌损伤,特别是在急性心肌梗死(AMI)的诊断中起着重要作用^[7]。本研究发现,当使用 PTS 传输血浆样本时,随着传输次数的增加,检测到的 TnT 质量浓度会逐渐降低,这种趋势虽有差异,但其偏差均 $< 1/3TEa$,无临床实际应用价值。然而,在评价非 ST 段抬高的 AMI(NSTEMI)和相应 TnT 动态监测过程中,实验室仍应考虑以此带来的潜在影响。

LDH 是一种广泛存在于人体组织中的酶,其水平的升高可用于心肌梗死、肝脏疾病、血液疾病等多种疾病的诊断和鉴别诊断^[8]。与 LDH 一样,Glu 作为糖尿病诊断和日常监测的重要指标,也在医学实验

室普遍开展。本研究在分析 PTS 对 Glu、LDH 等生化指标影响时发现,肝素锂抗凝的血浆样品中 Glu 和 LDH 检测结果受到了明显影响。为验证该影响的发生是否与样品类型有关,本研究追加了血清样品进一步验证,结果显示血清样品的结果变化明显小于血浆样品,并且相较于转运前,在转运 1 次组和转运 3 次组的差异均低于 $1/3TEa$ 标准。结果提示,若需进行 Glu 和 LDH 项目检测,不建议采用血浆样品通过 PTS 转运样品,必要时可采用人工方式传输样品或使用血清样品用于检测相应项目,以避免 PTS 传输带来的检测误差。并且,这与之前的研究结论^[9-10]相一致。

作为评价外源性和内源性凝血途径功能的两大凝血指标,PT 常用于监测华法林等口服抗凝药物的治疗效果,而 APTT 多用于监测肝素的治疗效果^[11]。PT 和 APTT 样品在 PTS 传输后均呈现出相应检测时间缩短的趋势。这与张丽敏等^[12]的研究结果相符,他们发现尽管 PTS 传输后 PT 和 APTT 有所减少,但这种变化仅存在统计学差异,并没有临床相关性。而本研究与其不同之处在于,通过多次 PTS 传输后发现 PT 和 APTT 结果呈趋势性改变,且组间差异均高于 $1/3TEa$ 标准,这可能会给临床造成患者处于高凝状态的假象,具有一定的诊疗风险。

此外,本研究还发现,全血细胞分析组合项目中 RBC 和 HCT 的检测结果组间也存在一定的差异,但此种偏差绝对值变化不大,均低于 $1/3TEa$ 标准,对临

床诊疗不构成实质性影响,这与吴宗勇等^[13]的研究发现一致。另外,也有文献报道 PTS 传输对血细胞分析结果甚至不存在统计学的差别^[14],这可能是由于不同研究中样品数量和传输次数的不同而产生的不同,但也进一步说明 PTS 对全血细胞分析项目的影响较小。

PTS 对样品检测结果的影响因素可能并不是单一方面的,也可能受到运输过程中产生的振动频率、压力变化、振幅强度等综合因素的作用^[15]。同时,本研究结合本实验室日常 PTS 使用过程中的主要样品类型和检测项目,同时参考以往发表的相关文献中所涉及的检验项目和样品种类确定了研究对象,但受工作特性和样品来源的影响,未对尿液、粪便、脑脊液和胸腔积液等其他样品类型逐一验证,也未能包含实验室全部开展的检验项目。因此,建议各医学实验室应结合工作实际和转运系统的特点,选择合适的样品传输系统,在转运系统正式投入使用前对其进行性能验证,并定期评估,以减少对检验质量的潜在风险,确保其稳定性和可靠性。另外,PTS 等转运系统的供应商也应充分评估影响因素,进行相应技术升级或改进,以消除或减少对检验结果的潜在影响。

综上所述,PTS 相较于人工转运方式能够明显加快样品的传输速度,但会明显影响血浆样品 Glu 和 LDH 的检测,可改用血清样品或人工转运方式。另外,PTS 也会影响 PT 和 APTT 的检测,不建议使用 PTS 转运凝血样品。因此,各医学实验室应结合自身需求、环境设施和设备条件,选择合适的样品传输系统,投入使用前应评估其性能特征。本研究可作为 PTS 性能验证的参考,并为后续样品运送系统标准验证方案的制订提供参考。

参考文献

- [1] International Organization for Standardization. ISO 15189: 2022, medical laboratories: requirements for quality and competence[S]. Geneva, Switzerland: ISO, 2022.
- [2] 中国合格评定认可委员会. CNAS-CL02: 2023《医学实验室质量和能力认可准则》[EB/OL]. (2023-06-01)[2024-08-18]. https://www.cnas.org.cn/rkfw/sys/rkyq/rkzz/art/2024/art_717098409.html.
- [3] LU H, RUAN H, GUO X, et al. Study on friction and conveying characteristics of the pneumatic logistics transmission system [J]. Powder Technol, 2023, 417: 118282.
- [4] 许巧真, 陈娉婷, 黄蕾, 等. 气动物流传输系统对血、尿常规和生化项目检测结果的影响[J]. 国际检验医学杂志, 2020, 41(24): 2949-2952.
- [5] GARCIA L O, SPERANSA D M R, RODRIGUES C B, et al. Validation of blood components transport through a pneumatic tube system[J]. Hematol Transfus Cell Ther, 2022, 44(4): 519-525.
- [6] SLAVÍK L, ULEHLOVÁ J, BRADÁCOVÁ P, et al. The modern pneumatic tube system transports with reduced speed does not affect special coagulation tests [J]. J Med Syst, 2020, 44: 142.
- [7] POTTER J M, HICKMAN P E, CULLEN L. Troponins in myocardial infarction and injury [J]. Aust Prescr, 2022, 45(2): 53-57.
- [8] ZHU W, MA Y, GUO W, et al. Serum level of lactate dehydrogenase is associated with cardiovascular disease risk as determined by the Framingham risk score and arterial stiffness in a health-examined population in China [J]. Int J Gen Med, 2022, 15: 11-17.
- [9] YANG R X, QIU S J, SONG W J, et al. Effects of centrifugation prior to pneumatic tube system transport on routine biochemical and immunological tests of susceptibility to hemolysis [J]. Clin Chim Acta, 2023, 541: 117242.
- [10] DING X, WEN X, WANG L, et al. Effects of a pneumatic tube system on the hemolysis of blood samples: a PRISMA-compliant meta-analysis [J]. Scand J Clin Lab Invest, 2021, 81(5): 343-352.
- [11] WADA H, SHIRAKI K, MATSUMOTO T, et al. Clot waveform analysis for hemostatic abnormalities [J]. Ann Lab Med, 2023, 43(6): 531-538.
- [12] 张丽敏, 欧珠, 李斌, 等. 气动物流传输系统对凝血及血小板功能指标检测结果的影响[J]. 国际检验医学杂志, 2020, 41(18): 2194-2197.
- [13] 吴宗勇, 齐军. 临床检验标本运输方式研究[J]. 检验医学与临床, 2020, 17(12): 1633-1635.
- [14] 董旭才, 李斌, 苏怡, 等. 单标本气动传输系统对血细胞形态和血细胞分析结果的影响[J]. 检验医学, 2024, 39(1): 68-70.
- [15] MOULANA A, ALMATRAFI A, ANSARI R, et al. Comparative validation study between pneumatic tube system and hand carried blood sample [J]. Saudi J Pathol Microbiol, 2023, 8(12): 322-326.

(收稿日期: 2024-11-26 修回日期: 2025-02-09)