

• 临床研究 •

不同血袋白膜法机制浓缩血小板的质量分析及工艺适应优化*

黄文华¹, 褚晓凌², 林建霞¹, 林海娟¹, 林艳¹, 林豪^{1△}

(1. 福建省血液中心, 福建 福州 350004; 2. 福建省疾病预防控制中心, 福建 福州 350012)

[摘要] **目的** 比较 2 种不同血袋白膜法机制浓缩血小板的质量差异, 并针对血袋参数变更进行工艺适应优化。**方法** 分别使用来源不同厂家的五联采血袋和六联采血袋各采集 400 mL 全血 25 袋, 在相同制备参数条件下白膜法制备浓缩血小板, 通过评价血小板及其同源血液成分相关质量指标, 分析不同血袋对机制浓缩血小板制备质量的影响。**结果** 2 种浓缩血小板含量均远高于来源于 400 mL 全血的正常血小板含量($\geq 4.0 \times 10^{10}$ 个标准要求)。2 种血小板含量、红细胞混入量、血小板回收率、游离血红蛋白含量比较, 差异均无统计学意义($P > 0.05$)。六联袋制备的血小板容量 $[(56.26 \pm 8.80) \text{ mL}]$ 低于五联袋 $[(63.11 \pm 6.30) \text{ mL}]$, 差异有统计学意义($P < 0.05$)。2 种采血袋在制备血小板总数及轻、重离心回收率比较, 差异均无统计学意义($P > 0.05$)。2 种采血袋制备的悬浮红细胞质量比较, 差异无统计学意义($P > 0.05$)。六联袋初次分离血浆量 $[(183.98 \pm 15.90) \text{ mL}]$ 明显高于五联袋 $[(174.72 \pm 14.07) \text{ mL}]$, 差异有统计学意义($P < 0.05$)。双变量 Pearson 检验结果显示, 血浆容量与浓缩血小板容量存在负相关($r = -0.251, P = 0.078$)。**结论** 2 种血袋白膜法机制浓缩血小板质量均符合《全血及成分血质量要求》(GB18469-2012)标准。关键物料更换前血站需系统评估血袋参数变更对血液制备全流程的影响, 并对关键工艺参数如白膜分离程序参数进行重新验证及适应优化, 确保血液制备过程稳定可控。

[关键词] 血袋; 白膜法; 机制浓缩血小板; 质量分析; 工艺适应优化

DOI: 10.3969/j.issn.1009-5519.2026.02.026

中图法分类号: R457.12

文章编号: 1009-5519(2026)02-0389-06

文献标识码: A

Quality analysis and process adaptation optimization of mechanically prepared platelet concentrates by buffy coat method with different blood bags*

HUANG Wenhua¹, CHU Xiaoling², LIN Jianxia¹, LIN Haijuan¹, LIN Yan¹, LIN Hao^{1△}

(1. Fujian Provincial Blood Center, Fuzhou, Fujian 350004, China; 2. Fujian Provincial Center for Disease Control and Prevention, Fuzhou, Fujian 350012, China)

[Abstract] **Objective** To compare the quality differences of mechanically prepared platelet concentrates (MPPCs) by the buffy coat method (BCM) using two different blood bags, and conduct process adaptation and optimization targeting changes in blood bag parameters. **Methods** Twenty-five units of 400 mL whole blood were collected for each type using five-unit blood collection bags and six-unit blood collection bags from different manufacturers. MPPCs were prepared by the BCM under the same preparation parameters. Quality indicators related to platelets and their homologous blood components were evaluated to analyze the impact of different blood bags on the preparation quality of MPPCs. **Results** The platelet content of MPPCs prepared by both types of blood bags was much higher than the standard requirement ($\geq 4.0 \times 10^{10}$ platelets) for 400 mL whole blood-derived platelets. No statistically significant differences were observed in platelet content, red blood cell contamination, platelet recovery rate, free hemoglobin concentration, total platelet count, light centrifugation recovery rate, heavy centrifugation recovery rate, or the quality of suspended red blood cells (SRBCs) between the two groups ($P > 0.05$). The volume of MPPCs prepared by six-unit blood collection bags $[(56.26 \pm 8.80) \text{ mL}]$ were significantly lower than that by five-unit blood collection bags $[(63.11 \pm 6.30) \text{ mL}]$, with a statistically significant difference ($P < 0.05$). The initial plasma separation volume of six-unit blood collection bags $[(183.98 \pm 15.90) \text{ mL}]$ were significantly higher than that of five-unit blood collection bags $[(174.72 \pm 14.07) \text{ mL}]$, and the difference were statistically significant ($P < 0.05$). Bivariate Pearson

* 基金项目: 福建省卫生健康委员会科技计划项目(2021GGA063)。

作者简介: 黄文华(1976-), 硕士研究生, 副主任技师, 主要从事血液制备工作。△ 通信作者, E-mail: 1900690083@qq.com。

网络首发 [https://link.cnki.net/urlid/50.1129.R.20251229.1205.004\(2025-12-29\)](https://link.cnki.net/urlid/50.1129.R.20251229.1205.004(2025-12-29))

correlation analysis showed a weak negative correlation between plasma volume and MPPC volume, which was not statistically significant ($r = -0.251, P = 0.078$). **Conclusion** The quality of MPPCs prepared by the BCM using both types of blood bags meets the standard of Quality Requirements for Whole Blood and Blood Components (GB 18469-2012). Prior to the replacement of critical blood bag materials, blood centers should systematically assess the impact of blood bag parameter changes on the whole process of blood component preparation. Key process parameters, such as those for the buffy coat separation procedure, should be revalidated and adaptively optimized to ensure the stability and controllability of the blood preparation process.

[Key words] Blood bags; Buffy coat method; Mechanically prepared platelet concentrates; Quality analysis; Process adaptation and optimization

全血手工分离浓缩血小板作为单采血小板临床供应的有效补充,在临床危急重患者抢救中起到重要的保障作用。目前,全血手工分离浓缩血小板主要有 2 种制备方法:白膜法及富血小板血浆法^[1-5],均可通过机器制备和手工制备^[6-9]。本中心于 2018 年开展白膜法机制浓缩血小板制备,耗材为五联袋,未能进行悬浮红细胞的滤白。为进一步提升血液成分临床使用效果,减少输血不良反应发生情况,本中心于 2024 年 3 月使用带有一次性使用软滤芯过滤器的六联采血袋开展全血制备浓缩血小板同步生成悬浮红细胞滤白制备,为识别血袋参数变更对血液制备工艺链的影响,确保浓缩血小板质量,保障临床用血的安全有效,对 2 种不同血袋制备的机制浓缩血小板质量进行了对比分析,并据此对流程中的关键工艺实施调整优化。

1 资料与方法

1.1 一般资料 2024 年 3 月采用简单随机抽样法分别用六联袋和五联袋采集福建省血液中心招募的街头无偿献血者全血各 25 袋,每袋 400 mL,所有献血者献血前体检及相关血液学检查结果均符合《献血者健康检查要求(GB 18467-2011)》^[10],用于制备浓缩血小板的全血均符合《全血及成分血质量要求(GB 18469-2012)》^[11]中关于用于制备成分血的全血质量标准。制备前先行血小板计数,剔除计数 $< 150 \times 10^9 L^{-1}$ 的全血后进行浓缩血小板分离制备(样本剔除不影响既定随机序列,后续合格样本严格依据随机序列顺延分配,确保分组过程的随机性)。

1.2 方法

1.2.1 仪器与试剂 全自动血液成分分离机(CompoMat G5),贺利氏大容量低温离心机[Cryofuge6000i,赛默飞世尔科技(中国)有限公司],血小板恒温振荡保存箱(广州市金铨映电子科技有限公司),HZQ-A3000 电子天平(美国康州 HZ 电子科技有限公司)、PL203-IC 电子分析天平(梅特勒-托利多仪器上海有限公司)、UniCel DXH600 全自动血液分析仪(Beckman Coulter, Inc),一次性使用软滤芯过滤器六联采血袋 400 mL(四川南格尔生物科技有限公司)、400 mL 五联采血袋(山东威高集团医用高分子制品股份有限公司)、游离血红蛋白检测试剂盒(北京瑞尔

达生物科技有限公司)。

1.2.2 样本量估算 本研究通过 G * Power 3.1.9.7 软件进行先验样本量估算,设定参数为:独立样本 t 检验、双尾、 α 错误概率为 0.05、效应量 $d = 0.8$ 、统计功效为 0.8。计算结果显示,每组需要 26 个样本,总样本为 52 个。实际研究中由于资源限制,最终纳入本研究的总样本量为 50 个。

1.2.3 效应量计算与报告 为补充假设检验,所有组间比较均计算并报告效应量:基于 t 检验的比较,报告 Cohen's d ,计算公式为 $d = (M_1 - M_2) / S_{\text{pooled}}$,其中 M_1, M_2 为 2 组均值, S_{pooled} 为合并标准差。若 d 为负数,表示第 1 组均值低于第 2 组;基于 Mann-Whitney U 检验的比较,报告效应量 r ,计算公式为 $r = Z / \sqrt{N}$,其中 Z 为标准化统计量, N 为总样本量。若 r 为负数,表示第 1 组秩中位数低于第 2 组。效应量的绝对值表示效应大小。

1.2.4 浓缩血小板制备 离心前将 400 mL 原料全血充分颠倒混匀,颠倒混匀次数均不少于 20 次,混匀力度中等。22 °C 重离心,加速档 9 减速档 6, $2\ 493\ g \times 10\ min$,全自动血液成分分离机分离适量血浆及白膜层转移至白膜成分袋,下机后将白膜成分袋与血小板常温保存袋间导管内容物手工回挤入白膜袋,血小板恒温振荡保存箱(22 ± 2) °C 中静置过夜。次日上午 22 °C 轻离心,离心前充分混匀白膜,混匀力度中等,离心时采用特制勾持器套在离心杯塑料套筒横梁上,弯钩通过悬挂口对白膜袋进行勾挂,每个勾持器勾挂 2 袋白膜且二者输液套呈错位叠放,紧挨着白膜袋装载 1~2 个厚度为 2 cm 方形泡沫块(10 cm \times 10 cm),血小板常温保存袋及导管折叠后装载于泡沫块外侧,紧贴离心杯壁,加速档 8 减速档 4, $2\ 46\ g \times 8\ min$,全自动血液成分分离机将富含血小板血浆层转移至血小板常温保存袋,制成浓缩血小板(2 U)。

1.2.5 检测指标 (1)测量 2 种血袋采血袋、白膜成分袋内腔尺寸、转移导管内外径。(2)检测记录起始血液(全血)、悬浮红细胞、血浆、白膜、浓缩血小板的净重、比重及血常规、浓缩血小板红细胞混入量、上清游离血红蛋白含量。计算指标为容量(净重/比重)、血小板重离心回收率[(原料血血小板含量 - 悬浮红细胞血小板含量 - 血浆血小板含量)/原料血血小板含

量×100%]、血小板轻离心回收率[(浓缩血小板血小板含量/白膜血小板含量)×100%]、血小板回收率[(浓缩血小板含量/原料血血小板含量)×100%]、红细胞回收率[(悬浮红细胞的红细胞计数×悬浮红细胞体积/1 000)/(全血红细胞计数×全血体积/1 000)×100%]。

1.3 统计学处理 应用 SPSS25.0 统计软件进行数据分析, 计量资料根据分布类型进行描述: 符合正态分布的以 $\bar{x} \pm s$ 表示, 偏态分布的以中位数(四分位数间距) $M(Q_1, Q_3)$ 表示。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。 组间比较: 所有连续变量采用 Shapiro-Wilk 检验进行正态性评估, 符合正态分布者, 采用独立样本 t 检验, 并以 Levene 检验判断方差齐性。 若不齐, 则使用 Welch's t 检验; 不符合正态分布者, 采用 Mann-Whitney U 检验。 变量间相关性使用 Pearson 相关分析。

2 结果

2.1 2 种采血联袋图及部分联袋及导管内腔尺寸参数 见表 1, 图 1、2。

表 1 2 种采血联袋部分联袋及导管内腔尺寸参数

项目	六联袋	五联袋
采血袋(长×宽, mm×mm)	170×125	188×118
白膜成分袋(长×宽, mm×mm)	103×94	132×100
转移导管内外径(mm)	3.2/4.7	3.2/4.6

2.2 2 种采血联袋制备浓缩血小板质量比较 2 种浓缩血小板含量均远高于来源于 400 mL 全血的正常血小板含量($\geq 4.0 \times 10^{10}$ 个标准要求)。 2 种血小板含量、红细胞混入量、血小板回收率、游离血红蛋白含量比较, 差异均无统计学意义($P > 0.05$)。 六联袋制备的血小板容量[(56.26±8.80)mL] 低于五联袋[(63.11±6.30)mL], 差异有统计学意义($P < 0.05$)。

表 2 2 种采血联袋制备浓缩血小板质量比较

变量	六联袋	五联袋	t/Z	P	效应量值
符合正态分布($\bar{x} \pm s$)					Cohen's d
血小板容量(mL)	56.26±8.80	63.11±6.30	-3.165	0.003	-0.90
血小板($\times 10^{10}$)	6.03±1.48	6.13±2.08	-0.210	0.834	-0.06
非正态分布[$M(Q_1, Q_3)$]					r
血小板回收率(%)	58.12(55.00, 60.69)	57.80(51.59, 61.78)	0.796	0.426	0.08
红细胞混入量($\times 10^9 L^{-1}$)	0.71(0.47, 1.68)	0.42(0.18, 1.45)	1.224	0.221	0.12
游离血红蛋白(g/L)	0.05(0.04, 0.07)	0.04(0.04, 0.06)	1.426	0.154	0.14

表 3 2 种采血联袋制备各血液成分血小板总数及轻、重离心回收率比较

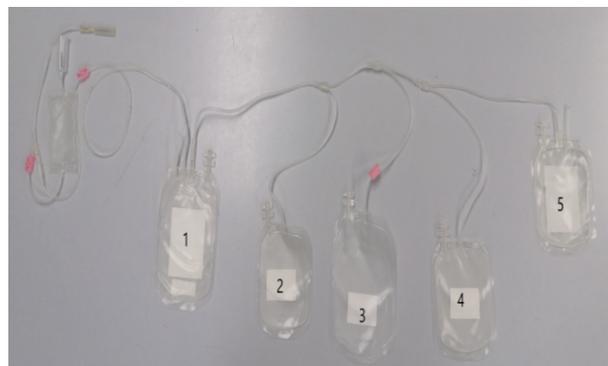
变量	六联袋	五联袋	t/Z	P	效应量值
符合正态分布($\bar{x} \pm s, \times 10^{10}$)					Cohen's d
全血血小板总数	10.49±2.50	11.42±2.56	-1.290	0.203	-0.36
白膜血小板总数	8.78±2.06	9.29±2.63	-0.767	0.447	-0.22

见表 2。



注: 1 为采血袋, 2 为白膜成分袋, 3 为血浆转移袋, 4 为保存液袋, 5 为血小板保存袋, 6 为去白悬浮红细胞保存袋。

图 1 一次性使用软滤芯过滤器 400 mL 六联血袋



注: 1 为采血袋, 2 为白膜成分袋, 3 为血小板保存袋, 4 为血浆转移袋, 5 为保存液袋。

图 2 一次性使用 400 mL 五联采血袋

2.3 2 种采血联袋制备悬浮红细胞及血浆质量比较 2 种采血联袋制备的悬浮红细胞质量比较, 差异无统计学意义($P > 0.05$)。 六联袋初次分离血浆量[(183.98±15.90)mL] 明显高于五联袋[(174.72±14.07)mL], 差异有统计学意义($P < 0.05$)。 见表 4。

续表 3 2 种采血联袋制备各血液成分血小板总数及轻、重离心回收率比较

变量	六联袋	五联袋	t/Z	P	效应量值
血小板总数	6.03±1.48	6.13±2.08	-0.210	0.834	-0.06
非正态分布[M(Q ₁ ,Q ₃)]					r
悬浮红细胞血小板总数(×10 ¹⁰)	0.59(0.40,1.05)	0.60(0.47,0.98)	-0.941	0.347	-0.09
血浆血小板总数(×10 ¹⁰)	0.66(0.38,0.90)	0.60(0.54,1.10)	0.281	0.778	0.03
重离心回收率(%)	88.05(78.86,90.53)	87.24(84.31,88.51)	0.883	0.377	0.09
轻离心回收率(%)	66.53(62.40,69.92)	66.26(61.00,71.70)	0.233	0.816	0.02

表 4 2 种采血联袋制备悬浮红细胞及血浆质量比较

变量	六联袋	五联袋	t/Z	P	效应量值
符合正态分布($\bar{x}\pm s$)					Cohen's d
红细胞计数(×10 ⁹ L ⁻¹)	5.92±0.21	5.93±0.36	-0.172	0.864	-0.05
血红蛋白(g/L)	180.78±7.16	180.81±9.02	-0.014	0.989	0
血浆容量(mL)	183.98±15.90	174.72±14.07	2.182	0.034	0.62
非正态分布[M(Q ₁ ,Q ₃)]					r
悬浮红细胞体积(mL)	272.64(265.04,288.53)	275.09(266.29,298.33)	-1.329	0.184	-0.13
红细胞压积(%)	56.00(55.00,57.00)	55.00(54.00,58.00)	0.187	0.852	0.02
红细胞回收率(%)	79.57(78.41,80.83)	79.90(78.39,81.78)	-0.437	0.662	-0.04

2.5 血浆容量与浓缩血小板容量的相关性分析 双变量 Pearson 检验结果显示,血浆容量与浓缩血小板容量比较,存在负相关($r = -0.251, P = 0.078$)。

3 讨 论

浓缩血小板的质量和诸多因素相关^[12-15],除献血者自身血小板含量不同原因外,全血多联袋质量、采集的全血量、采血顺畅情况、血液保存液、血小板采集前后的保存和运输、制备的工艺和设备等多方面因素均会对其产生影响,全血多联袋质量直接决定了最终血液制品的安全性、有效性和合规性,多联袋尺寸、材质、数量直接关系到血液制备周期中离心、分离等关键工艺控制参数确认。本研究比较 2 种不同多联采血袋对机制浓缩血小板质量的影响,侧重分析识别 2 种血袋在制备操作过程中工艺关键控制点,故选用终产品的 5 个指标:容量、血小板含量、红细胞混入量、血小板回收率、游离血红蛋白含量来比较和评估。我国现行《2019 版血站技术操作规程》中对全血及中间产品白膜离心之前是否摇匀的操作并未提及,在本中心制备浓缩血小板工作实践中,为避免血小板聚集,二者离心前均依据本中心标准操作规程执行特定手法、力度和规定次数充分混匀^[16],为对比不同尺寸血袋在混匀操作下细胞损伤的差异,特增加观察游离血红蛋白指标。为减少干扰因素,保证均衡比较,由专人、专机进行操作。

全自动血液成分分离机工作原理是采取分板三段挤压法,通过光学传感器(从下至上 A1~A8 排列)实时监测血袋内成分分层界面和上下挤压板及分隔

板伸缩挤压完成白膜及关联产品的精准分离^[17-18]。分离机参数设置细微不同直接反映在分离获得目标产品质量差异上^[19]。由表 2、4 结果可见,2 种血袋在血浆容量和浓缩血小板容量上均存在显著差异,2 组数据比较呈现特点为六联袋浓缩血小板容量低、血浆容量高,而五联袋刚好相反。为进一步探究这 2 个容量指标之间的内在联系,对二者进行了相关性分析,结果显示两者间存在不显著的微弱负相关($P = 0.078$),结果提示 2 个容量指标差异是 2 种血袋产品间比较的结果,而非连续变化的定量规律。该差异现象可通过本中心机制浓缩血小板白膜制备程序分离机制来解释:盛装相同体积全血时,在机器血袋挂针高度及白膜探测界面高度相同的情况下,上下挤压板首先同时运行,将大部分血浆挤入血浆袋,再挤压白膜层移动到界面探测器 A1 位置,随后上挤压板单独运行移动到白膜厚度位置,下挤压板接续单独运行挤压白膜层到 A3 位置,分隔板移出隔开红细胞,此时分隔板上端白膜层高度、厚度一致,六联袋因宽度比五联袋大,白膜层体积大,在上挤压板移出至 A4 探测器时,白膜层总体上移的体积高于五联袋,推动上层血浆排出的体积较多,血浆容量较大。遗留较少部分血浆和白膜层最终转移到白膜袋。基于本研究结果,对 2 种浓缩血小板质量及其关联产品质量指标综合评估后,本中心对白膜分离程序“关键控制点”中白膜的厚度、高度探测维持原参数,即上挤压板的挤压距离 52 mm 及下挤压板移出至 A3 探测参数不变,该白膜层分离参数与王承琳等^[20]报道的最优参数相近。调

整增加分离程序中用于回冲母袋及管路内残留白膜的血浆回冲量克数,有效避免六联袋制备时个别浓缩血小板含量达标而终容量不达标报废的极端情况,通过血浆量的适当增加来提高血小板的保存质量^[21]。

目前,临床广泛使用的血袋由邻苯二甲酸二(2-乙基)己酯增塑的聚氯乙烯制成。该材料表面具有疏水性,当其与血液接触时,会迅速通过疏水相互作用、范德华力及静电作用,优先吸附血浆中的蛋白质(如白蛋白、纤维蛋白原等),随后被吸附的关键蛋白(如纤维蛋白原)在吸附后会发​​生构象重排,暴露出血小板特异性结合位点,充当分子桥梁,触​​发血小板的黏附与聚集通路。有研究表明,血袋材质对血小板的吸附并非简单的物理吸附,而是一个由蛋白质介导的复杂生物分子识别过程,该过程涵盖多个因素与步骤,其机制不仅取决于材料表面的化学性质与拓扑结构,更与蛋白质的吸附行为密切相关,包括吸附的种类、数量、动态竞争吸附(即 Vroman 效应)、是否诱导构象变化^[22-26]。本研究表 2、3 结果显示,五联袋的悬浮红细胞血小板总数(中位数)、白膜血小板总数(均值)高于六联袋,血浆血小板总数、血小板轻重离心回收率及总回收率(中位数)均低于六联袋,但 2 组血袋在各环节的血小板阶段损耗量比较无显著差异。这一结果不仅受献血者基础血小板水平、血袋厂家生产工艺、材质、表面处理等潜在混杂因素的影响,还有可能由于当前样本量相对较小,统计功效不足导致未能检测到显著性差异,未来需要通过扩大样本量或进行因素交互作用专项分析来进一步验证。基于现有样本量,推测原因有:(1)可能是六联袋内壁的光滑度高于五联袋或对白膜黏附性较低。(2)可能因为机器血袋挂针高度及白膜探测界面高度相同情况下,五联袋相对六联血袋袋体长 18 mm,血液成分在五联袋内到达相同探测界面高度的行进路线更长,血小板在血袋壁的吸附相应增多,从而减少白膜成分袋的血小板含量,降低了血小板回收率。(3)还可能是白膜成分袋大小与血小板的回收率密切相关,李津等^[27]和肖达玲等^[28]研究表明,小白膜袋的容量与白膜层容量更匹配,充盈度更合适,离心时更不易发生血袋褶皱现象,能高效地回收血小板。由于不同采供血机构所使用的离心设备、离心参数、装杯方法不同,最终血小板质量存在很大差异。本研究在白膜离心时采用特制勾持器对白膜袋进行勾挂离心,特制勾持器及装杯方法与罗曼华等^[29]和王承琳等^[30]研究有异曲同工之处,均可以确保离心力作用下白膜袋平整绷直、不下坠、不挪移、不褶皱、红细胞不挂壁,加上塑料泡沫块兼具回弹、减震特性,可缓冲离心机制动过程中产生的震动引起分层扰动,血液离心分层明显,混入量少,显著提升了离心分离效率。

值得注意的是,滤白后的悬浮红细胞需热合离断采血母袋交叉配血导管,转接至去白悬浮红细胞保存

袋,该操作环节是人为差错的高风险点。本研究为保障临床用血的安全,滤白结束后,距去白悬浮红细胞保存袋导管出口 10 cm 处进行一次热合不离断,在采血母袋和去白悬浮红细胞保存袋连袋的情况下,用无菌接驳机将交叉配血导管转接在去白悬浮红细胞保存袋导管热合处外侧,不捏通接驳口,确保血液产品与交叉配血导管的联袋一致性,此方法可为同行提供参考。

本研究主要局限在于样本量小所带来的统计功效限制,增加了 II 类错误的风险。基于最终样本量进行的事后功效分析,在 $\alpha=0.05$ (双尾)条件下,检测大效应($d=0.8$)的统计功效约为 0.79,检测中等效应($d=0.5$)的功效仅为 0.41。这表明本研究对于检测大效应具备一定的检验能力,但对于检测中等或更小的效应则效力不足,需更精细、更谨慎解读研究中一些未达到显著性水平的趋势,其实际意义可能需要在未来大样本研究中进一步验证。

综上所述,尽管本研究存在样本量的限制,但本研究作为一项探索性试验,给后续大规模的研究设计和实施提供了重要的数据支持和方向。通过深入比较揭示 2 种血袋白膜法机制浓缩血小板的质量特性差异,提出如离心前摇匀、分离程序参数调整、白膜袋勾持离心及交叉配血导管移管操作等具体可行的工艺优化策略,这些策略直接针对比较中发现的关键问题点和潜在优化空间,旨在有效改进弥补质量短板,为机制浓缩血小板质量精细化管理提升提供有价值的实践参考。

参考文献

- [1] 中华人民共和国国家卫生健康委员会. 血站技术操作规程(2019 版)[S]. 北京:医政医管局,2019:16-17.
- [2] BUATHONG D, BUAKAEW J, NUKFON C. Comparison of platelet concentrates prepared from platelet rich plasma-platelet concentrate and buffy coat poor-platelet concentrate on storage days 1 and 5 [J]. SMJ, 2025, 35(1):112-126.
- [3] PHILIP J, SAMANTHA K, CHATTERJEE T, et al. Evaluation of random donor platelets produced from buffy coat stored for 24 h at ambient temperature: should this be implemented in India? [J]. Indian J Hematol Blood Transfus, 2015, 31(2):264-268.
- [4] MURPHY S. Platelets from pooled buffy coats: an update [J]. Transfusion(Paris), 2005, 45(4):634-639.
- [5] MEER V D, REESINK P F, KORTE D d, et al. The history of buffy coat platelet concentrates: the dutch story [J]. Vox Sang, 2022, 117(7):913-919.
- [6] 康美艳, 吴宪彬, 罗曼华, 等. 全自动血液成分分离机设定标准控量功能对浓缩血小板产品质量的影响[J]. 中国当代医药, 2022, 29(17):52-54.
- [7] 邓莉, 余利华, 杨冬燕, 等. 白膜法手工制备血小板与机制血小板的质量分析[J]. 临床输血与检验, 2018, 20(1):18-

- 20.
- [8] SEKHAR D S, BISWAS R N, SARDAR T P, et al. An insight to the internal quality control of blood components separated using the latest whole blood collection and processing systems: experience from a tertiary care hospital blood transfusion service in Eastern India [J]. *Asian J Transfus Sci*, 2022, 16(2):194-200.
- [9] 梁若鹄, 梁燕丽, 邓金莲, 等. 全自动全血成分分离机白膜法在制备浓缩血小板中的应用效果 [J]. *中国当代医药*, 2021, 28(36):186-189.
- [10] 中国国家标准化管理委员会. 献血者健康检查要求: GB 18467-2011 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2011:2-6.
- [11] 中国国家标准化管理委员会. 全血及成分血质量要求: GB18469-2012[S]. 北京: 中国标准出版社, 2012:2-9.
- [12] LU F Q, KANG W, PENG Y, et al. Characterization of blood components separated from donated whole blood after an overnight holding at room temperature with the buffy coat method [J]. *Transfusion(Paris)*, 2011, 51(10): 2199-2207.
- [13] 洪纓. 浓缩血小板的制备工艺及输注安全性 [J]. *中国输血杂志*, 2018, 31(9):1086-1090.
- [14] 陈小光. 不同离心条件、血液规格对手工制备浓缩血小板的影响分析 [J]. *中国医药科学*, 2020, 10(4):287-290.
- [15] 李娇, 李晓丰, 李剑平. 异体浓缩血小板治疗慢性难愈性创面的影响因素 [J]. *中国组织工程研究*, 2024, 28(13): 2114-2119.
- [16] 中国医学装备协会. 去白细胞混合浓缩血小板的制备和质量控制: ME 11-2020 [S]. 北京: 中国医学装备协会, 2020:11-15.
- [17] DENG X Y, WU X M, ZHAO Y, et al. Improved BC method of Compomat G4 for expression of BCs twice from whole blood in top and top bags [J]. *Int J Hematol*, 2011, 93(5):660-663.
- [18] 张雪松, 谭菲, 王惟. 自动法和手工法制备去白细胞悬浮红细胞和血浆的比较 [J]. *医疗卫生装备*, 2017, 38(4): 113-116.
- [19] BONTEKOE I J, MEER V D, MAST G, et al. Separation of centrifuged whole blood and pooled buffy coats using the new CompoMat G5: 3 years experience [J]. *Vox Sang*, 2014, 107(2):140-147.
- [20] 王承琳, 王丽鸽, 崔靖怡, 等. 制备浓缩血小板分离白膜层的分离机参数优化 [J]. *临床血液学杂志*, 2025, 38(4): 283-286.
- [21] 杜红梅, 何天辉, 陈超华, 等. 增加血浆含量对血小板保存质量的影响 [J]. *中国输血杂志*, 2017, 30(2):132-134.
- [22] MITRA S. Protein adsorption on biomaterial surfaces: subsequent conformational and biological consequences-a review [J]. *J Surf Sci Technol*, 2020, 32(2):221-216.
- [23] SPIJKER H T, GRAAFF P W, BUSSCHER H J, et al. On the influence of flow conditions and wettability on blood material interactions [J]. *Biomaterials*, 2003, 24(26):4717-4727.
- [24] BOEHM R D, SKOOG S A, DIAZ-DIESTRA D M, et al. Influence of Titanium nanoscale surface roughness on fibrinogen and albumin protein adsorption kinetics and platelet responses [J]. *J Biomed Mater Res A*, 2023, 112(3):373-389.
- [25] KIEFFER N, PHILLIPS D R. Platelet membrane glycoproteins: functions in cellular interactions [J]. *Annu Rev Cell Biol*, 1990, 16(2):329-357.
- [26] NONCKREMAN C J, SANDRINE F, ROUXHET P G, et al. Competitive adsorption of fibrinogen and albumin and blood platelet adhesion on surfaces modified with nanoparticles and/or PEO [J]. *Colloids Surfaces B Biointerfaces*, 2010, 77(2):139-149.
- [27] 李津, 吴宪彬, 康美艳, 等. 不同尺寸白膜袋制备浓缩血小板的质量分析及其影响因素 [J]. *实用临床医学: 江西*, 2022, 23(4):77-79.
- [28] 肖达玲, 杨坤, 韦家寿, 等. 调整优化采血联袋后制备浓缩血小板的质量分析 [J]. *中国输血杂志*, 2021, 34(5):535-537.
- [29] 罗曼华, 康美艳, 李津, 等. 改良白膜层离心装罐方法提高浓缩血小板质量的效果观察 [J]. *中国输血杂志*, 2023, 36(2):193-195.
- [30] 王承琳, 王丽鸽, 崔靖怡, 等. 浓缩血小板离心参数与装罐方法的标准化研究 [J]. *中国输血杂志*, 2020, 33(9):972-974.

(收稿日期:2025-08-21 修回日期:2025-11-23)

(上接第 388 页)

- [34] HU X J, ZHENG N, CHEN Y S, et al. Optimizing the femoral offset for restoring physiological hip muscle function in patients with total hip arthroplasty [J]. *Front Bioeng Biotechnol*, 2021, 9(1):645019.
- [35] CASSIDY K A, NOTICEWALA M S, MACAULAY W, et al. Effect of femoral offset on pain and function after total hip arthroplasty [J]. *J Arthroplasty*, 2012, 27(10): 1863-1869.
- [36] LITTLE N J, BUSCH C A, GALLAGHER J A, et al. Acetabular polyethylene wear and acetabular inclination and femoral offset [J]. *Clin Orthop Relat Res*, 2009, 467(11):2895-2900.
- [37] SARIALI E, KLOUCHE S, MOUTTET A, et al. The effect of femoral offset modification on gait after total hip arthroplasty [J]. *Acta Orthop*, 2014, 85(2):123-127.
- [38] DASTANE M, DORR L D, TARWALA R, et al. Hip offset in total hip arthroplasty: quantitative measurement with navigation [J]. *Clin Orthop Relat Res*, 2011, 469(2): 429-436.
- [39] BIGGI S, BIANCI L, TEDINO R, et al. Restoring global offset and lower limb length with a 3 offset option double-tapered stem [J]. *BMC Musculoskelet Disord*, 2020, 21(1):646.

(收稿日期:2025-11-09 修回日期:2025-12-29)