

全血成分制备血浆的外观量化及分析

朱春莲¹, 陈琦^{2*}

(1. 常德市中心血站, 常德 415000; 2. 深圳市悦速成科技有限公司, 深圳 518000)

摘要目的 经定制开发的颜色分析设备“血浆辨色仪”对全血成分制备得到的血浆进行色彩分析, 总结正常、偏红、乳糜血浆的色彩参数范围, 探讨制定血浆外观量化标准的可行性。**方法** 采集血浆外观中红、绿、蓝三种颜色的参数占比, 通过统计学方法总结各参数的规律, 并比较三种血浆间参数的差异。**结果** 正常血浆和偏红血浆的红色占比无显著差异 ($P>0.05$), 绿色和蓝色占比差异显著 ($P<0.05$); 正常血浆和乳糜血浆的红色和蓝色占比差异显著 ($P<0.05$), 绿色占比无显著差异 ($P>0.05$); 偏红血浆和乳糜血浆的红色、绿色、蓝色占比均差异显著 ($P<0.05$)。**结论** 使用血浆辨色仪可以获得血浆外观颜色的量化数值, 且这些数值可为血浆外观的数字化精准判断提供依据, 有效提升血站工作效率。

关键词: 血浆外观; 量化标准; 成分制备

Quantification and analysis of the appearance of plasma prepared from whole blood components

ZHU Chun-Lian¹, CHEN Qi^{2*}

(1. Changde Central Blood Station, Changde 415000, China;
2. Shenzhen Joyful and Efficient Technology Co., Ltd., Shenzhen 518000, China)

ABSTRACT: Objective The color analysis equipment "plasma colorimeter" developed by customization was used to analyze the color of plasma prepared by whole blood composition, summarize the color parameter range of normal, reddish and chyle plasma, and explore the feasibility of formulating quantitative standards for plasma appearance. **Methods** The collected 2U whole blood was randomly selected, the same amount of normal, reddish and chyle plasma was separated and prepared, the proportion of parameters of red, green and blue in the appearance of plasma was collected by plasma colorimeter, the laws of each parameter were summarized by statistical methods, and the differences between the three plasma parameters were compared. **Results** Between normal plasma and reddish plasma, the proportion of parameter red was significant different ($P>0.05$), while those of parameter green and parameter blue were not significant different ($P<0.05$); Between normal plasma and chyle plasma, the difference of proportion of parameter green was significant ($P>0.05$), those of parameter red and blue are not significant ($P<0.05$). Between normal plasma and reddish plasma, the proportions of red, green and blue in reddish plasma and chyle plasma were all significantly different ($P<0.05$). **Conclusions** The quantitative values of color in plasma appearance can be obtained by using plasma colorimeter, and these values can provide a basis for digital and accurate judgment of plasma appearance, further to effectively improving the efficiency of blood station work.

KEY WORDS: plasma appearance; quantitative standards; composition preparation

* 通信作者: 陈琦, 博士, 标准编审(中级), 研究方向为纳米生物传感与医疗器械研发。E-mail: waxr111@163.com

*Corresponding author: CHEN Qi, Ph.D, Standard Editor (Intermediate), Shenzhen Joyful and Efficient Technology Co., Ltd., Shenzhen 518000, China. E-mail: waxr111@163.com

0 引言

中华人民共和国国家标准《全血及成分血质量要求》(GB18469—2012)中规定:全血和去白细胞全血的质量控制项目和要求中,对外观的要求为“肉眼观察应呈黄色澄清液体,无色泽异常、蛋白析出、气泡及重度乳糜等情况”。在日常工作中,因离心效果、操作手法、个体差异、溶血等因素,全血成分制备的血浆有一定比例偏红或乳糜,不同状态下的分离血浆如图1所示。对于偏红血浆是否需要二次离心或乳糜程度是否可接受,目前只能靠肉眼分别分辨,辅以标准色板进行判断^[1]。现行的非量化观察方法存在很大的主观因素,会受人眼对色彩的敏感性、光照条件、眼睛状态、个人经验的影响,存在很多局限性,至今尚未实现对血浆外观的量化分析的方法、方案、标准或设备。

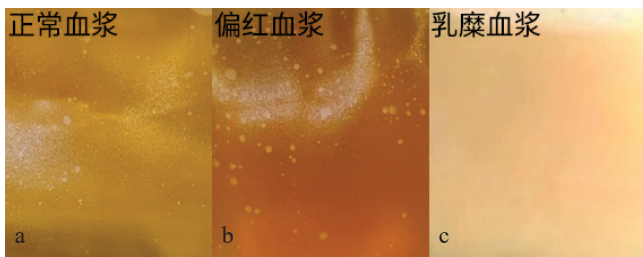


图1 不同状态的分离血浆。

(a) 正常血浆; (b) 偏红血浆; (c) 乳糜血浆

Fig.1 Separated plasma in different states.

(a) Normal plasma; (b) Reddish plasma; (c) Chyle plasma

对溶血的偏红血浆和乳糜血浆的判定方法有过一些尝试。2017年, David W Killilea 等人开展“提高血浆和血清锌浓度的溶血阈值的鉴定”的研究过程中,通过 RGB (8 比特) 三基色色彩分析方法,对比血红蛋白特定波长吸光度值法 (A540 nm) 以

测定血浆或血清中的溶血水平^[2]。血清或血浆中的乳糜来自乳糜微粒、中性脂肪、极低密度脂蛋白、脂质补充剂等,针对其理化特性,先后有不同的研发团队通过多种全自动生物医学分析仪^[3]、721 分光光度法参照比浊法^[4]、酶标仪测定波长 620 nm OD 值^[5]、应用抗 -D 试剂联用比浊法^[6]等方式对血液乳糜程度进行研究,但这些研究方法均存在需对血液制品进行取样处理操作、耗时周期长、需要设备耗材多等问题。此外,李桂丽、邵雨竹等团队还探究了乳糜血样对血液分析仪测定血红蛋白结果的影响并开展了消除效果评价^[7-11]。

以上这些研究成果截止到目前并未能提供一种切实可行、经济便捷的血浆外观量化分析标准及方法,且对于偏红血浆的研究仅限于溶血,实际制备过程中由于离心效果不佳或离心时血袋内血液挂壁等因素导致的一次浆偏红则鲜有研究。血浆的外观量化分析需要充分考虑到对浑浊状液体色彩辨识、血液制品的特殊性、量化分析需快捷高效等方面,综合考虑后本研究决定采用光电分析的方法,即采用可用于液体颜色识别的高分辨率颜色传感器,并据此设计开发了一款血浆辨色仪 (型号: YSC01A)。

本研究所采用的颜色传感器基于 RGB 色彩系统,即所有颜色都由这红色 (R)、绿色 (G)、蓝色 (B) 三种色光按照不同的比例混合而成的,实现对血浆外观的快速、有效判定。颜色传感器的测量系统原理图如图 2 所示,颜色传感器发射一束白光 (非高能量激光,对血浆成分无任何伤害或改变),照射到装有血浆的血袋表面 (被测区域) 后反射,颜色识别区密布光敏元件 (颜色传感器),分析吸收到的反射光中红 (R)、绿 (G)、蓝 (B) 三基色的强度 (信号处理),经电路转化为数字信号 (显示屏),显示 R、G、B 各颜色占比,总和为 999 (即 99.9%),这种模式可实现在对血浆制品无损害的前提下,对血浆微小颜色差异的快速分辨。

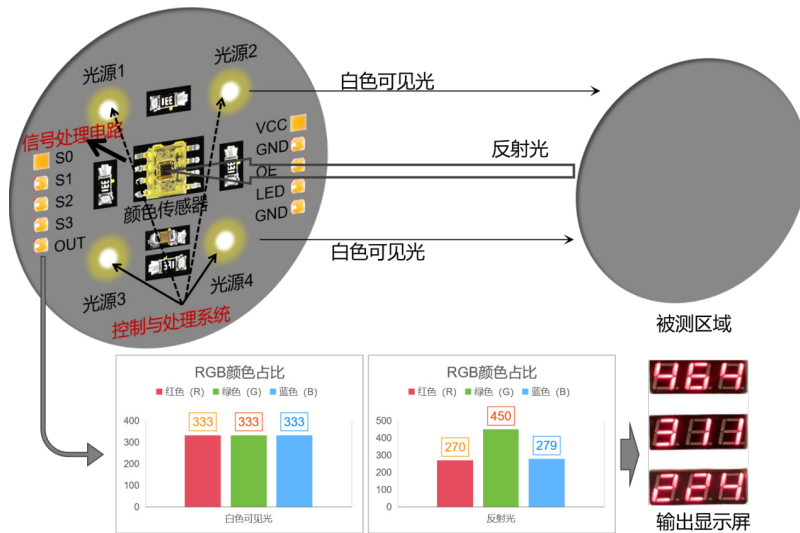


图2 颜色传感器测量系统原理图

Fig.2 Schematic diagram of color sensor measurement system

血浆辨色仪 (型号: YSC01A) 的设备原理图如图 3 所示。由于所研发的颜色传感器检测结果受传感器与被测物 (本研究中为血浆袋) 之间相关位置的影响较大, 因此血浆辨色仪中血浆检测区与光源距离固定不变, 以保证每次测量的一致性。这种方法识别快、灵敏度高, 精准可靠, 可在 1s 内计算接收到的反射光中红、绿、蓝三基色强度, 三基色的色彩强度分辨率均为 0.1%, 每种色彩强度占比精度可达 0.3%。本文主要对比 2U 正常血浆、偏红血浆、乳糜血浆的颜色参数, 总结各参数分布规律, 探讨制定血浆外观量化标准的可行性。现报告如下:

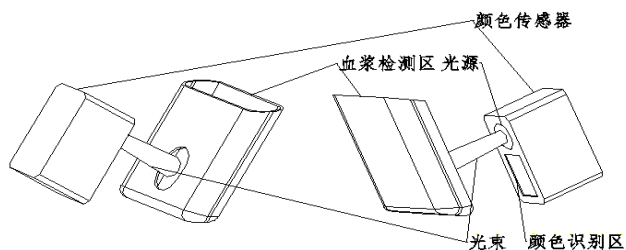


图 3 血浆辨色仪原理图

Fig.3 Principle diagram of plasma colorimeter

1 材料与方法

1.1 样本来源

2023 年 2-3 月份随机采集的符合《献血者健康检查要求》的 400 mL 全血, 要求采血过程通畅, 全血采集时间 <13 min。

1.2 材料与设备

采血使用的血袋为一次性使用去白细胞塑料血袋 (四联带留样装置安采去白压延血袋 AN-T-400, 山东威高集团医用高分子制品股份有限公司), 血样制备过程中使用了 Thermo

Cryofuge 16 血站离心机 (ThermoFisher Scientific/赛默飞世尔)、苏密科手动血液分浆夹 (FJ-II 型, 苏州市医用仪器厂)、血浆辨色仪 (YSC01A, 深圳市悦速成科技有限公司)。

1.3 方法

全血采集当日滤除白细胞后离心分离红细胞和血浆, 制备 2U 正常、偏红、乳糜血浆, 每种血浆各累计 100 袋, 其颜色差异肉眼可明显分辨, 使用血浆辨色仪测量每袋血浆红、绿、蓝各颜色占比并记录数据, 数据记录为 R (X)、G (Y)、B (Z), 其中 X+Y+Z=999。

另随机选取 5 袋血浆, 对每袋血浆重复测量并记录 10 次颜色数据, 验证一致性。

需要注意的是, 考虑到血浆袋被检测时候的形态受血浆量的影响, 且血浆袋中不同位置的血浆厚度不一, 可能会因透光度、反光率等因素影响分析结果。在本研究中, 通过控制设备内可移动的挤压板, 使不同规格血浆检测区域保持相同的厚度后再开展色彩分析, 降低血浆形态对结果的影响。

1.4 数据处理

应用 SPSS26.0 软件进行统计分析, 计算标准差用来验证数据一致性, 由于传感器精度为 0.3%, 即读取精度为 3, 本研究认为标准差小于 3 表示数据稳定, 数据资料用 $x \pm s$ 表示, 两组数据间比较采用 t 检验, $P < 0.05$ 表示差异有统计学意义。

2 结果与分析

100 袋偏红血浆中, 有 11 袋属于既偏红又乳糜的情况, 为保证单变量对比, 进行偏红血浆的数据分析时仅录入 89 袋有效数据。数据分析详见表 1-3。

表 1 血浆颜色数据一致性比较表

Table 1 Comparison table for consistency of plasma color data

测试次数	第 1 袋			第 2 袋			第 3 袋			第 4 袋			第 5 袋		
	R	G	B	R	G	B	R	G	B	R	G	B	R	G	B
1	450	314	235	410	319	270	439	303	257	475	333	191	421	300	278
2	451	313	235	412	320	267	440	305	254	470	334	195	419	298	282
3	450	316	233	408	318	273	442	301	256	471	330	198	418	299	282
4	453	312	234	409	320	270	441	304	254	471	335	193	420	303	276
5	448	313	238	411	321	267	438	303	258	474	329	196	422	299	278
6	448	317	234	413	316	270	442	300	257	472	333	194	422	297	280
7	449	315	235	410	319	270	443	304	252	472	330	197	418	299	282
8	452	313	234	408	321	270	440	302	257	470	331	198	419	298	282
9	448	310	241	409	320	270	439	300	260	473	335	191	419	300	280
10	450	311	238	411	318	270	444	304	251	473	334	192	423	301	275
标准差 s	1.6	2.1	2.4	1.6	1.45	1.6	1.8	1.7	2.7	1.6	2.1	2.6	1.7	1.6	2.5

表2 三种血浆颜色占比 ($\bar{x} \pm s$) 比较表
Table 2 Comparison table of color ratios ($\bar{x} \pm s$) of three plasma

	红色 (R) 占比	绿色 (G) 占比	蓝色 (B) 占比
正常血浆 (n=100)	454.3±18.8	323.2±6.0	221.5±20.2
偏红血浆 (n=89)	455.2±27.8	295.3±10.2	248.4±28.2
乳糜血浆 (n=100)	406.6±8.4	327.1±6.7	265.3±9.6

表3 三种血浆颜色占比差异显著性 (P 值) 比较表
Table 3 Comparison table of significant differences (P-values) in the colors proportion of three plasma

t 检验 P 值	正常血浆 & 偏红血浆	正常血浆 & 乳糜血浆	偏红血浆 & 乳糜血浆
红色占比 P 值	0.782	0.001	0.001
绿色占比 P 值	0.002	0.163	0.005
蓝色占比 P 值	0.019	0.027	0.007

3 讨论与结论

成分血制备过程中产生的血浆报废有 90% 左右来自脂肪血^[12-13], 轻度乳糜血浆一般可用于临床, 但由于轻度、中度、重度乳糜的辨别没有量化的指标, 肉眼判断难免产生偏差; 一次分浆时的血浆偏红的标准同样没有量化, 是否需要二次离心同样存在较大的主观因素, 部分血站所有血浆都无差别二次离心的做法会导致严重的资源浪费。可量化的标准对于判断血浆外观意义重大, 不仅降低了主观性误差, 提高了工作效率, 而且有利于提升血液制品的有效性。因为血浆辨色仪可提供量化的颜色数据, 对于不同地区采血量和用血量的差异, 可通过调整设置值, 以适应不同的临床用血标准。

使用颜色参数判断液体成分已在一些行业开始应用, 如尿液成分分析^[14]、牛奶细菌浓度检测^[15]等, 而由于目前血液行业内并无此类设备, 本研究首先验证传感器的一致性, 每组测试的方差均小于 3, 判定数据稳定后再进行大量测试。选取颜色差异肉眼可明显分辨的三种血浆, 旨在通过分析找寻内部规律, 以便后续对肉眼难以分辨的血浆进行量化区分。测试结果分析来看, 正常血浆和偏红血浆的红色占比无显著差异 ($P > 0.05$), 绿色和蓝色占比差异显著 ($P < 0.05$); 正常血浆和乳糜血浆的红色和蓝色占比差异显著 ($P < 0.05$), 绿色占比无显著差异 ($P > 0.05$); 偏红血浆和乳糜血浆的红色、绿色、蓝色占比均差异显著 ($P < 0.05$)。从数据对比表中可看出, 和正常血浆相比, 偏红血浆的绿色占比明显偏低; 和正常血浆相比, 乳糜血浆的红色占比明显偏低。由于每次测量三基色的占比总和固定为 999, 因此指定判断依据时可只选取两种颜色参数。在设备程序中将正常血浆、偏红血浆、乳糜血浆的红色占比和绿色占比分别划定范围, 待测样本的测量值落在不同的区间即可判断

所属血浆类型, 对于范围的边界值, 不同地区血站可根据需要灵活设置。

研究表明, 使用血浆辨色仪可以获取血浆外观颜色的量化数值, 且这些数值可为血浆外观的数字化精准判断提供依据。

首先, 数字化判断意味着可以通过精确的数值来描述和评估血浆的外观颜色。在传统的血液检测中, 工作人员通常依靠肉眼观察和主观判断来确定血浆的颜色, 这种方法的准确性和可重复性较低。而使用血浆辨色仪通过客观、量化的工作流程使得判断更加准确和一致, 有效减少了人眼状态等主观因素和光照条件 (客观因素) 对结果的影响, 提高了血浆类型判断的准确性和可靠性。

其次, 数字化判断还可以提高血站的工作效率。通过使用血浆辨色仪, 可快速识别血浆外观, 并进行自动化判定, 大大减少人工操作的时间和劳动力成本。同时, 数字化判断还可以减少人为错误的发生, 进一步提高工作效率和准确性。

此外, 数字化判断对于血浆制备流程的质量控制和标准化也具有重要意义。通过获取大量血浆样本的外观颜色数值, 可以对血浆进行统计分析和质量控制, 建立标准化流程和参考标准。这有助于确保血浆的质量和安全性, 提高血站的整体工作质量。

需要指出的是, 本研究中的血液样本数量相对较少, 部分结论仍需加大样本量加以巩固。本研究使用的山东威高的压延袋, 对于吹塑袋或其他品牌血袋结论是否一致, 我们将另作研究。

参考文献

- [1] 徐忠, 邱颖婕, 杨剑豪. 血浆外观目测比较色板的制作和应用 [J]. 中国输血杂志, 2016, 29(06): 641-643.
- [2] KILLILEA DW, ROHNER F, GHOSH S, *et al.* Identification of a Hemolysis Threshold That Increases Plasma and Serum Zinc

- Concentration [J]. *Journal of Nutrition*, 2017, 147(06): 1218-1225.
- [3] 谢冬梅, 黄勇华, 刘运保, 等. 乳糜血浆理化指标质量分析 [J]. *检验医学与临床*, 2020, 17(23): 3482-3484.
- [4] 孔卫建, 侯广安, 高占海, 等. 血站快速判定血浆乳糜程度新方法 [J]. *河北医药*, 2013, 35(23): 3644-3645.
- [5] 张欣, 李敏玲, 余文潮, 等. 乳糜血的快速判定方法研究及预防措施 [J]. *甘肃医药*, 2018, 37(04), 361-363.
- [6] 史广耀, 刘衍春, 唐荣才. 微量快速法检测血液乳糜程度 [J]. *临床输血与检验*, 2005, 7(01), 27-28.
- [7] 李桂丽. 乳糜血样对血液分析仪测定血红蛋白结果的影响及消除评价 [J]. *中国医疗器械信息*, 2021, 27(11): 153-154.
- [8] 邵雨竹. 浅谈乳糜血样对血液分析仪测定血红蛋白结果的影响分析 [J]. *中国医疗器械信息*, 2021, 27(04): 59-60.
- [9] 谢冬梅, 黄勇华, 刘运保, 等. 乳糜血浆理化指标质量分析 [J]. *检验医学与临床*, 2020, 17(23): 3482-3484.
- [10] 李晓溪. 乳糜血样对血液分析仪测定血红蛋白结果的影响及消除评价 [J]. *中国医疗器械信息*, 2019, 25(04): 38-39.
- [11] 左春磊, 汪海清, 孙召东, 等. 乳糜血样对血液分析仪测定血红蛋白结果的影响及消除 [J]. *实验与检验医学*, 2017, 35(01): 73-75.
- [12] 任蓉, 谭渭萍, 毛学锋. 2011年-2014年玉林市中心血站非正常血液报废分析及对策 [J]. *世界最新医学信息文摘*, 2016, 16(39): 292-293.
- [13] 李少华, 李运琴, 段艳芳. 血站在血液成分制备过程中不合格血液报废情况以及原因分析和预防对策 [J]. *中国卫生产业*, 2018, 15(32): 167-168.
- [14] 魏若凡, 严荣国, 申家珂, 等. 基于RGB颜色识别的尿液成分分析 [J]. *电子测量技术*, 2020, 43(13): 161-166.
- [15] 闫克丁, 梁鹏超. 基于颜色传感器的细菌浓度检测系统设计 [J]. *国外电子测量技术*, 2018, 37(06): 85-88.

作者简介



朱春莲, 本科, 副主任护师, 研究方向为采供血业务管理、采供血护理管理、无偿献血宣传招募。



陈琦, 博士, 标准编审(中级), 研究方向为纳米生物传感与医疗器械研发。