

EP 管法血型鉴定试剂爆珠的研究*

马印图¹ 赵义曼¹ 陈莉² 杨晓亚¹ 周景艳¹ 闫浩¹ 李莉华²

[摘要] 目的:研制一种新型 EP 管法输血前血型鉴定技术方法,在战时和自然灾害等突发情况下不需要电力设备和额外试剂即可快速、准确完成血型鉴定,提高野战输血救治的时效性和安全性。**方法:**采用抗-A、抗-B、抗-D 血型单克隆抗体作为正定型试剂,A、B、O 型红细胞膜抗原与胶体金试剂按一定比例混合、标记,制备成浓度为 5% 的免疫胶体金标记的膜抗原作为反定型试剂,将正反定型试剂分别制成试剂爆珠,预置在不同检测管内,使用前捏破爆珠,试剂留在孔内,加入被检样本即可进行血型检测,同时与现有技术方法平行对比测试,评价二者的检测效果。**结果:**成功建立了 EP 管法血型鉴定技术平台,每粒爆珠内含有 200 μ L 反应试剂,手工震荡 2 min 或 800~1 000 $\times g$ 离心 15 s 即可完成检测,操作过程简单快速,克服了目前固相法缺少反定型的弊端,试剂能够常温条件下长期保存,在反定型中增加了 O 型红细胞膜抗原起到了不规则抗体筛选的作用,结果更加准确可靠。**结论:**改良 EP 管法实现了“无试剂血型鉴定”,特别适合战时和突发情况下野外输血前血型检测,值得推广应用。

[关键词] 野战输血;血型鉴定;爆珠技术;膜抗原;胶体金

DOI:10.13201/j.issn.1004-2806.2023.12.001

[中图分类号] R457.1 **[文献标志码]** A

Research on EP tube method of reagent burstbead for bloodtype detection

MA Yintu¹ ZHAO Yiman¹ CHEN Li² YANG Xiaoya¹
ZHOU Jingyan¹ YAN Hao¹ LI Lihua²

(¹Department of Blood Transfusion, No. 980 Hospital of PLA Joint Logistics Support Forces, Shijiazhuang, 050082, China; ²Department of Blood Supply, Hebei Blood Center)

Corresponding author: LI Lihua, E-mail: 13722793663@163.com

Abstract Objective: To develop a new EP tube method bloodtype quick detection technology without the power equipment and additional reagents before blood transfusion, so as to improve the timeliness and safety of blood transfusion treatment in the case of war and natural disasters. **Methods:** The monoclonal antibodies contained anti-A, anti-B and anti-D were used as the bloodtype active typing reagent, membrane antigens were obtained and mixed with colloidal gold reagent in certain proportion to prepare 5% immunocolloidal gold labeled for ABO reverse typing reagents. The reagents were respectively made into reagent burstbeads and presettled in different detection tubes. The burstbeads were squeezed so the reagents were left in the well before used, then the samples were dropped in and the detection could be carried out. The experiment was compared with the existing technical methods and the detection effects of the two methods were evaluated. **Results:** It successfully established EP tube bloodtype identification technology platform and each bead contained 200 μ L of reagent. The detection could be completed by manual shaking for 2 minutes or 800-1 000 $\times g$ centrifuging for 15 seconds. The technical operation was simple and fast. The reagent could be stored for a long time under normal temperature conditions. The technology overcame the lack of anti-type drawbacks and the misproval of irregular antibody because of the O red blood cell membrane antigen added. The result was more secure and reliable. **Conclusion:** The EP tube burstbeads technical method realized "no additional reagent blood type identification". It was especially suitable for bloodtype detection before transfusion in case of wartime and emergency and worthy of popularization and application.

Key words field blood transfusion; bloodtype detection; burstbead technology; membrane antigen; colloidal gold

*基金项目:医院科技创新“孵育”计划项目(No:FYJHZD-02)

¹中国人民解放军联勤保障部队第九八〇医院输血医学科(石家庄,050082)

²河北省血液中心

通信作者:李莉华,E-mail:13722793663@163.com

过往战争及重大自然灾害的战伤救治资料显示,对于创伤失血性休克及时止血和快速输血输液是降低死亡率、提高救治成功率的有效措施之一^[1-2],而输血救治的 2 个重要环节是血型鉴定和交叉配血,血型检测是最基本也是最重要的技术,直接关系到伤员抢救的时效性和输血的安全性^[3-4]。战时输血通常面临伤员伤情重、时间紧迫、环境条件差、缺乏输血专业人员和相关设备等问题。红细胞血型抗原复杂,影响血型鉴定的因素很多^[5-6]。有资料显示突发事件等非常规条件下会出现 3.7%~11.0%的血型定型错误,主要原因在于实验要求的外部条件无法保证,以及专业技术人员不足等因素,导致检测结果的准确性下降^[7]。一方面,检测试剂要求冰箱低温保存,实验用的孵育器、离心机等设备均需要电力支持,而战时电力保障存在不确定性,直接影响试剂质量和检测结果的可靠性。另一方面,临床常规应用的试管法和微柱凝胶技术均需要配套设备保障,后者检测时间较长,对人员、试剂、反应条件要求高,不适合自然灾害等突发情况下使用,以上特点和需求促使输血工作者研发非实验室条件下的血型鉴定技术。

爆珠技术是应用于香烟行业的一项工艺,由包裹着液体香料的具有半透膜或密封的胶囊组成^[8]。我们借鉴该技术,研制了一种改良 EP 管法快速血型鉴定技术,采用血型单克隆抗体作为正定型试剂,免疫胶体金标记的 A、B、O 型红细胞膜抗原作为反定型试剂,将正反定型试剂包裹在爆珠中制成试剂爆珠,预置在检测管内,通过离心或捏压的方式致爆珠破裂,试剂留在孔内,加入被检样本反应即可完成血型检测。经过与现有技术方法平行对比试验,改良 EP 管法简单快速,结果准确可靠,更适合战时和应急情况下使用。

1 设计与方法

1.1 设计思路

本技术由试剂爆珠、U 型或 V 型反应管组成,使用时捏破爆珠,试剂留在管底,添加血液样本即可完成 ABO 正反定型及 Rh 血型检测,在战时和自然灾害等情况下不需要电力设备和额外试剂,普通实验室、户外献血车和院前急救输血时均可快速、准确完成血型鉴定,提高战时伤员输血的时效性和安全性,血型鉴定原理如下图 1 所示。

1.2 方法

1.2.1 仪器与试剂 血液样本来自我院临床输血标本,ABO、Rh(D)、P、MN 血型单克隆抗体试剂以及 ABO 反定型用标准红细胞;血型卡、微柱凝胶卡孵育器及离心机;2005-2 型离心机;恒温混匀仪、DK-420 型电热恒温水浴箱;胶体金试剂、封闭液及复溶液;PBS 以及枸橼酸盐缓冲液、1.5 mL EP 反应管为南通科美实验器材有限公司产品;ZW-A 型微量振荡器。

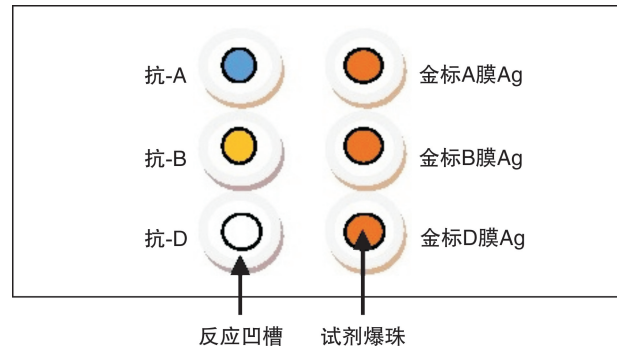


图 1 试剂爆珠血型鉴定原理示意图

1.2.2 红细胞膜抗原的制备 按照栾建凤等^[9]制备 ABO 反定型免疫胶体金试剂的方法,采用单抗血型试剂筛选出 A 型(MN 血型为 M、P 血型为 P₁P^K)、B 型(MN 为 N、P 为 P₁P^K)和 O 型(MN 为 MN、P 为 P₁)健康献血者的压积红细胞各 3 份,每份取 2 mL 于 3 支试管,分别标注 A 细胞、B 细胞和 O 细胞,混匀备用,先采用 10 mmol/L PBS 缓冲液洗涤 3 次,再依次用 8 mmol/L PBS、5 mmol/L PBS 和 2 mmol/L PBS 各洗涤 1 次制备成压积红细胞,最后用大量蒸馏水反复洗涤,离心半径 8 cm,5 000 r/min 离心 10 min,直至上层洗涤液无色透明,收集底部红细胞裂解碎片,得到 A 型、B 型、O 型红细胞膜抗原,于 2~8℃ 冰箱内储存备用。

1.2.3 免疫胶体金红细胞膜抗原的制备 取 100 OD 高浓度胶体金溶液 5 mL 与 0.01 mol/L 枸橼酸缓冲液 12.5 mL 混合,稀释至成浓度为 40 OD 的胶体金应用液,将上述制备好的红细胞膜抗原与胶体金应用液按 1:5~1:10 的比例混合,在恒温混匀仪上充分反应 60 min,加入封闭液反应 20 min,离心半径 8 cm,4 000 r/min 离心 5 min,弃去上清,最后用复溶液配制成 5% 的膜抗原反应液,即得到反定型胶体金红细胞膜抗原试剂,储存于 2~8℃ 冰箱内备用。

1.3 试验条件优化

1.3.1 确定最佳反应量效关系 采用正交实验原理进行方阵滴定,评价不同用量全血(正定型)和免疫胶体金标记红细胞膜抗原(反定型)与检测血清/血浆不同加样量对试验结果的影响,筛选最佳试剂用量。结果显示:正定型单抗血清与全血比例为 2:1 时凝集强度最好,反定型金标膜抗原用量在 150~200 μL 时与 200 μL 检测血清/血浆反应凝集强度比较满意,结合野外环境下使用的特点及反应试剂的量效关系,为了达到最佳凝集反应效果,提高野外环境的适用性和爆珠的均一性,正反定型均采用 200 μL 试剂参与反应,凝集反应的判定标准见表 1,最适工作浓度的筛选情况见表 2。

表 1 爆珠试剂凝集反应结果判定标准

反应图								
凝集情况	凝集呈一大块沉积于管底, 反应液清亮	凝集呈小块状沉积于管底, 反应液清亮	凝集呈碎块状沉积于管底, 反应液微红	凝集呈细碎的小凝块, 上清发红	凝集呈细沙状, 镜下可见零星凝集	肉眼及镜下均无凝集, 反应液均匀红色	无凝集, 反应液呈透明红色, 镜下无细胞	凝集部分呈小块状, 多数细胞无凝集
反应强度	4+	3+	2+	+	w	-	溶血	mf

w: 弱凝集; -: 阴性; mf: 混合凝集。

表 2 最适工作浓度的选择

抗血清用量/ μL	正定型全血用量/μL				反定型金标膜抗原用量/μL				
	25	50	75	100	50	100	150	200	250
50	4+	3+	3+	2+	2+	1+	1+	w	w
100	3+	4+	4+	2+	2+	3+	2+	1+	1+
150	2+	3+	4+	4+	2+	3+	4+	3+	2+
200	2+	3+	4+	4+	2+	3+	4+	4+	3+

1.3.2 反应条件和时间 取最佳配比的抗血清和待检样本滴入 EP 管中, 盖好顶帽, 持续手工震荡, 使待检样本与抗血清充分混合, 观察反应出现 4+

凝集结果的最佳反应条件和时间, 结果显示: 手工震荡 100~120 次/min, 2 min, 离心则选择 800~1 000×g, 15 s 为宜, 见表 3。

表 3 反应条件和时间的选择

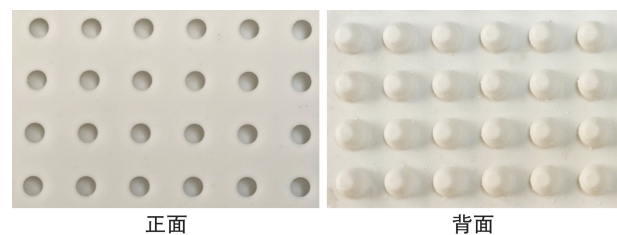
方式	时间/s	不同震荡频率(次/min)下凝集强度					结果
		60	80	100	120	140	
震荡	60	+	2+	2+	3+	3+	振幅 2 cm, 频率 100~120 次/min 2 min 为宜
	120	2+	3+	4+	4+	4+	
	180	3+	3+	4+	4+	4+	

方式	时间/s	不同离心力(g)下凝集强度					结果
		500	800	1 000	1 200	1 500	
离心	10	2+	3+	4+	4+	4+	800~1 000×g 离心 15 s 为宜
	15	3+	4+	4+	4+	4+	
	30	4+	4+	4+	4+	4+	

1.4 试剂爆珠的制备

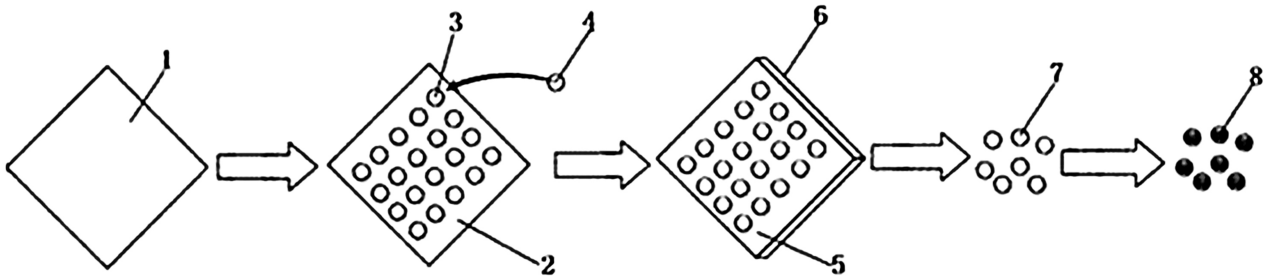
按照优化的试验条件制作爆珠, 制备爆珠的试剂包括正定型单克隆抗-A、抗-B、抗-D 试剂以及反定型胶体金标记的 A、B、O 型红细胞膜抗原, 试剂用量均为 200 μL。首先取表面积为 170 cm×293 cm 厚度为 6 mm 的硅胶模具, 见图 2, 内含多个圆球小孔, 取血型鉴定试剂各 200 μL 滴入孔内, 预先冷冻制成圆球状的试剂冰球(正反定型各 3 孔), 取透明塑料薄膜, 将试剂冰球包裹于其中, 采用热风枪(出风温度 200℃, 5 s)热塑, 使包裹爆珠的塑料膜均匀化形成爆珠, 再将其放入热风旋转烘箱中, 50℃ 1 min 使内部试剂冰球融化, 完成直径为 5 mm、内含约 200 μL 试剂的爆珠制备, 见图 3。含有不同试剂的爆珠其颜色不同(抗-A 蓝

色、抗-B 黄色、抗-D 无色, 反定型试剂爆珠为浅棕色), 如图 4 所示, 将试剂爆珠置于 EP 管内, 盖好顶帽, 常温或置于试剂冰箱内保存备用, 见图 5。



硅胶模具厚度为 6 mm, 每个圆球形小孔的直径为 5 mm, 可滴入 200 μL 液体制备成试剂冰球。

图 2 制备试剂冰球胶膜



1:制备爆珠用热塑膜;2:热塑出大量球形凹槽的热塑膜;3:球形凹槽;4:试剂冰球;5:塑封后含试剂爆珠的塑料片;6:覆膜;7:切割下来的试剂爆珠;8:热塑成型的试剂爆珠。

图 3 试剂爆珠制备示意图

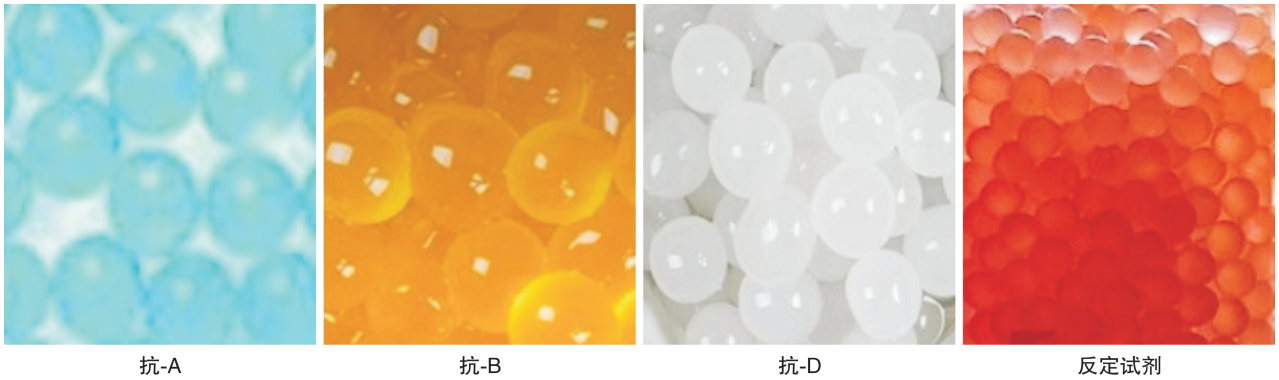


图 4 不同颜色的试剂爆珠

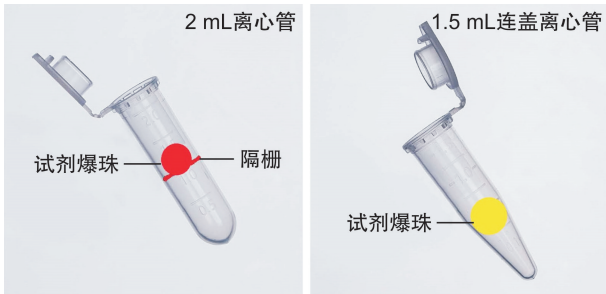


图 5 试剂爆珠反应管示意图

1.5 血型鉴定

取出检测管并做好标记,捏破凹爆珠,试剂留在孔内,每份检测需要 6 孔,取被检血液样本,其中正定型 3 孔分别加入被检全血各 2 滴(100 μL)或

者红细胞 1 滴(50 μL),反定型 3 孔分别加入被检血浆各 4 滴(200 μL),盖好顶帽,充分混匀,2 min 内观察凝集情况,以孔中出现肉眼可见的凝集颗粒为阳性反应,无凝集则结果为阴性。当被检红细胞血型抗原发生变异或反定型中抗体减弱等正反定型不符时,通过家系调查,增加反应血清量、延长反应时间、吸收放散试验以及血型物质分析等补充试验来综合判定,常规血型鉴定的判定标准见表 4。

1.6 血型鉴定试剂爆珠的评估

1.6.1 试剂爆珠的可操作性 取制备好的试剂爆珠 30 粒,对爆珠壁材的密封性、耐腐蚀性、整体均一性以及是否易于捏破等情况进行测试,评价试剂爆珠的可操作性和实用性。

表 4 血型鉴定结果判定

正定型		反定型			Rh	血型	出现正反定型不符
单抗+全血		血浆+膜抗原			抗-D		
抗-A	抗-B	A _c	B _c	O _c			
4+	-	-	4+	-		A	
-	4+	4+	-	-	凝集为 4+	B	补充相关试验
-	-	4+	4+	-	无凝集为-	O	
4+	4+	-	-	-		AB	

A_c: A 型红细胞。

1.6.2 特异性和亲和力测定 以 2%~5% 的 ABO 标准试剂红细胞和免疫胶体金标记的膜抗原作为血型抗原试剂,与标准抗血清反应,观察混匀 2 min 或离心 15 s 时肉眼可见凝集反应强度和时

1.6.3 稳定性试验 将新制备的血型鉴定试剂爆珠放置于 37℃ 温箱内保存 1 周(相当于在 2~8℃ 保存 1 年)^[9],每天抽取一部分进行特异性和亲和力测定,同时将 4℃ 和常温条件下保存的试剂每周取样检测,评价爆珠试剂保存在不同条件下的稳定性。

1.6.4 灵敏度测定 检测血型单抗与倍比稀释(1:4,1:8,1:16,1:32……)的标准红细胞反应以及免疫胶体金标记的膜抗原试剂与同样倍比稀释的抗血清反应,对比 2 种试剂进行正反定型的凝集强度,评价爆珠试剂的灵敏度。

1.6.5 准确率评价 随机收集 185 份临床常规标本,采用临床常规试管法与改良 EP 管法爆珠技术进行血型平行对比鉴定试验,比较二者结果的一致性,计算爆珠技术检测血型的准确率。

2 结果

2.1 试剂爆珠的性能

壁材为可热塑性聚氨酯材料,经过塑封后密封

性良好,爆珠颗粒均匀,易于捏破且无试剂外溅的情况,在 10% 的醋酸溶液中无腐蚀、变形和漏液情况,操作简单,方便实用。

2.2 爆珠试剂的稳定性

将 22℃ 常温条件下和 37℃ 温箱内保存的爆珠试剂与 4℃ 冰箱内保存的试剂每天进行特异性和亲和力的对比检测,结果显示爆珠试剂经过常温保存半年后各项性能指标与常规试剂的检测结果一致性良好,符合血型鉴定试剂的质量标准要求,说明爆珠试剂在常温条件下稳定性良好,半年内可以常规应用,检测结果见表 5。

2.3 爆珠试剂的灵敏度

爆珠试剂与临床常规应用的血型鉴定试剂进行灵敏度比较,二者正定型均为单抗试剂,分别与倍比稀释的标准红细胞反应,反定型常用的是标准红细胞悬液,爆珠试剂为免疫胶体金标记的红细胞膜抗原溶液,二者分别与倍比稀释的抗-A、抗-B 试剂血清反应,结果显示采用标准红细胞检测,凝集更加清晰明显,而胶体金标记的膜抗原反应稍慢,但 2 min 内呈现的凝集强度相当,说明 2 种检测方法的灵敏度方面基本无差异,反应结果见表 6。

表 5 爆珠试剂与常规试剂稳定性比较

试剂	保存温度	细胞	正定型			反定型			
			抗-A	抗-B	抗-D	特异性		亲和力	
						抗-A 血清	抗-B 血清	凝集时间	凝集强度
常规试剂	4℃	A _c	4+	-	4+	4+	-		4+
		B _c	-	4+	4+	-	4+		4+
		O _c	-	-	4+	-	-		-
爆珠试剂	22℃	A _c	4+	-	4+	4+	-	混匀 2 min 或 1 000×g	4+
		B _c	-	4+	4+	-	4+		4+
		O _c	-	-	4+	-	-	离心 15 s	-
	37℃	A _c	4+	-	4+	4+	-		4+
		B _c	-	4+	4+	-	4+		4+
		O _c	-	-	4+	-	-		-

表 6 爆珠试剂与临床常用试剂检测灵敏度比较

试剂	正定型						试剂	反定型					
	标准红细胞稀释倍数							抗血清稀释倍数					
	4	8	16	32	64	128		8	16	32	64	128	256
抗-A	4+	3+	2+	+	+	w	A _c	4+	4+	3+	2+	+	w
							A 胶体金试剂	4+	4+	3+	2+	+	w
抗-B	4+	3+	2+	+	+	w	B _c	4+	3+	2+	+	w	-
							B 胶体金试剂	4+	3+	2+	+	w	-
抗-D	4+	4+	3+	2+	+	+	O _c	-	-	-	-	-	-
							O 胶体金试剂	-	-	-	-	-	-

2.4 爆珠试剂的检测准确率

采用试管法和爆珠试剂 EP 管法对 185 例临床标本同时进行血型正反定型鉴定,二者检测结果均有 2 例出现正反定型不符的情况,经微柱凝胶卡式法进一步检测分析,其中 1 例应为 A₂B 型,血清中产生了不规则的抗-A₁ 抗体;另一例为 O 型,反定型出现了血清中抗-B 抗体减弱的现象,2 种方法的检测结果一致性良好,爆珠试剂准确性方面与临床应用的试管法鉴定结果符合率为 100%。

3 讨论

目前临床上常用的血型鉴定方法主要有玻片法、试管法和微柱凝胶卡式法^[10-11],血站多采用玻片法进行血型初筛结合微板法全自动血型分析系统进行血型鉴定^[12]。这些技术均需要配套试剂、加样器、孵育器和离心机等配套设备支持,因此不适合战时和野外环境下使用^[13]。固相层析法检测血型操作简单快速、携带方便,适合在血型初筛中使用。国内已有多家单位研制了固相法 ABO 及 RhD 快速血型鉴定技术^[14-15],适合突发情况下使用,但固相层析技术存在影响因素多^[16],且只能做血型正定型,按照国家输血安全性的要求,血型鉴定需要同时进行正反定型,因此,该技术在这方面存在缺陷。输血前患者血型鉴定正定型均采用单克隆抗体试剂,反定型用 3%~5% 的标准试剂红细胞悬液,且要求 2~8℃ 冰箱内低温保存,有效期仅 3 个月,试剂邮寄到用户手中往往有效期已经过半,有些单位采用自制红细胞作为反定型试剂,存在因抗原谱不全而导致不规则抗体漏检风险。此外,红细胞容易发生溶血而影响血型鉴定结果的准确性,一旦突发自然灾害等情况试剂保障将面临诸多困难。本研究采用免疫胶体金标记的红细胞膜抗原作为血型反定型试剂,同时将爆珠技术与血型鉴定试剂有效结合,建立了一种改良微管法快速血型鉴定技术。将试剂包裹在爆珠中一方面试剂密封保存,减少了试剂挥发和细菌污染的发生,另一方面采用膜抗原取代红细胞,克服了红细胞溶血和保存期短的问题,既保证了血型抗原的稳定性和检测结果的准确性,又便于标准化操作。使用前捏破爆珠,加入被检样本即可进行检测,2 min 内观察凝集结果即可判定血型。该技术具有以下优点:①试剂稳定性好,封装后可以常温长期保存,而传统的试剂需要保存在 2~8℃ 冰箱内;②便于携带,无污染,无需额外添加试剂,操作现场能够保持清洁;③操作简单快速,结果准确可靠,无需借助仪器,实验不需要电力及设备保障亦可完成,非专业人员亦可实施;④微管上可以粘贴患者 ID 号或条形码,避免出错;⑤检测结果肉眼即可判读。

通过与现有技术方法平行对比试验,验证了该技术的可行性和时效性,解决了现有实验室技术方

法不适合野战环境下使用的问题^[17],同时在反定型中增加了 O 型红细胞,起到了抗体筛选的作用,同时解决了固相法缺少反定型的弊端,检测结果更加安全可靠。技术方法符合国家标准要求,不需要添加额外试剂,实现了“无试剂血型鉴定”。作为一种改良的新技术方法还有待进一步摸索和改进,一方面尽量筛选抗原性强的红细胞制备免疫胶体金试剂以提高灵敏度,防止弱抗体漏检;另一方面延长常温条件下的保存时间以及制作爆珠颗粒的工艺方面还有待提高。此外,尽管本研究可以实现不需要额外设备完成血型鉴定工作,但战时输血通常在野战医疗所和后方医院进行,配备有血液保存箱、离心机等必要的检测设备和试验条件,野战储运血装备配置有小型充电式多功能离心机可以解决血液标本和反应管离心的问题。该技术产品可以与野战输血加温加压装置以及我军野战机动医疗机构已经列装的野战采血箱、野战储运血箱一起构成完整的血液保障链^[18-20],解决战时或突发情况下前线失血性休克伤员快速输血的问题,对提高我军战时卫勤保障能力具有重要意义。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

- [1] Pires MPO, Peterlini MAS, Ullman AJ, et al. Effect of warming and infusion of red blood cell concentrates on markers of haemolysis: an ex vivo simulation study [J]. *Aust Crit Care*, 2021, 34(3): 235-240.
- [2] 阎少多, 赵慧, 张玉华, 等. 美国军队血液保障技术发展情况介绍 [J]. *人民军医*, 2019, 62(4): 311-313, 317.
- [3] Gratz J, Oberladstätter D, Schöchl H. Trauma-induced coagulopathy and massive bleeding: current hemostatic concepts and treatment strategies [J]. *Hamostaseologie*, 2021, 41(4): 307-315.
- [4] 靳本华, 许飞. 2015—2017 年海军某医院患者血型鉴定、抗筛试验情况调查分析 [J]. *海军医学杂志*, 2021, 42(1): 16-18.
- [5] 任爽, 林静, 李思远, 等. 132 例 ABO 血型正反定型不符患者的临床特点及相关影响因素分析 [J]. *解放军医学院学报*, 2021, 42(4): 392-396.
- [6] 张黎雯, 李树中, 田丰, 等. 红细胞血型抗原的最新研究进展 [J]. *临床血液学杂志*, 2021, 34(2): 135-144.
- [7] 张玉华. 美军强化血液供应链韧性的原则与策略 [J]. *军事医学*, 2020, 44(9): 688-690.
- [8] 段佳丽, 温德德, 赵雯雯, 等. 2018 年中国互联网烟草广告和促销现状 [J]. *首都公共卫生*, 2020, 14(5): 246-249.
- [9] 栾建凤, 邵小宝, 侯涛, 等. ABO 反定型免疫胶体金试剂的初步研制与评估 [J]. *医学研究生学报*, 2013, 26(8): 798-800.
- [10] 陈伟, 李菲, 邱进, 等. 3 种全自动血型分析系统在血型鉴定及不规则抗体筛查试验中的应用比较 [J]. *国际检验医学杂志*, 2019, 40(6): 738-740.

- 1046-1049.
- [5] 龚裕春,邱颖婕,金魏名,等. 去白细胞悬浮红细胞与悬浮红细胞储存期内溶血率的比较[J]. 中国输血杂志,2013,26(3):151-152.
- [6] 陈栋才,罗玫玲,李雪群. 白细胞悬浮红细胞与悬浮红细胞储存期内溶血率的比较[J]. 哈尔滨医药,2018,38(3):275-276.
- [7] 李美霖,车进,张燕华,等. CPDA-1 方全血制备的悬浮红细胞和去白细胞悬浮红细胞储存期内溶血率的调查[J]. 实用医学杂志,2014,30(18):3034-3035.
- [8] 田雅娴,詹林盛,王小慧,等. 去白悬浮红细胞 4℃ 储存不同时间的质量评价[J]. 临床输血与检验,2021,23(4):435-441,468.
- [9] 张春鸣,张辉,张小丽,等. 血液运输距离、采血剂量和献血者性别对悬浮红细胞储存期末溶血率的影响[J]. 海峡预防医学杂志,2023,29(2):81-84.
- [10] 郑建勇,段志倩,石洁,等. 悬浮红细胞抽检过程中样本保存方式对保存期末溶血率的影响[J]. 临床输血与检验,2015,17(4):359-360.
- [11] 国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会. 全血及成分血质量要求:GB 18469-2012[S]. 北京:中国标准出版社,2012.
- [12] 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)[S]. 2019.
- [13] 王芳. 红细胞制品储存期末溶血率的测定与分析[J]. 临床输血与检验,2016,18(1):26-27.
- [14] 何智纯,徐蓓,邱颖婕,等. 献血者性别和年龄因素对悬浮红细胞储存期末溶血率的影响[J]. 临床输血与检验,2022,24(6):763-766.
- [15] 徐忠,邱颖婕,龚裕春,等. 去白细胞悬浮红细胞与悬浮红细胞储存期内溶血率的比较[J]. 检验医学与临床,2013,10(2):219-220.
- [16] Yoshida T, Prudent M, DAlessandro A. Red blood cell storage lesion: causes and potential clinical consequences[J]. *Trasfusione Del Sangue*, 2019, 17(1): 27-52.
- [17] 孟强,宋敏,赵树铭,等. 红细胞贮存损伤的生化和组织学变化研究进展[J]. 临床输血与检验,2018,20(6):672-676.
- [18] 张亦弛,张高丽,郑文君,等. 全血、去白细胞全血和去白细胞悬浮红细胞储存期末溶血率的比较[J]. 中国实用医药,2013,8(19):94-95.
- [19] 周欢欢,周贤平. 悬浮红细胞储存时间影响再生障碍性贫血患者悬浮红细胞输注疗效[J]. 中国输血杂志,2021,34(2):146-149.
- [20] 赵凤绵,常纓,牛校敏,等. 血液病和恶性肿瘤患者输注不同贮存时间去除白细胞悬浮红细胞疗效分析[J]. 中国输血杂志,2021,34(10):1094-1098.
- [21] 李军娥,周丽,招淑文. 不同储存时间血液制备的洗涤红细胞质量分析[J]. 当代医学,2021,27(25):177-178.
- [22] 郑井滨,张丽,姚美辰,等. 添加液去白洗涤红细胞在保存中的质量观察[J]. 临床输血与检验,2020,22(2):122-126.
- [23] 杜明仪,余培琼,卢少芬,等. 脂肪血制备洗涤红细胞的可行性探讨[J]. 中国实用医药,2022,17(12):194-196.
- [24] 刘妹,邓小军,王丹. 不同离心方法对制备洗涤红细胞质量的影响[J]. 临床输血与检验,2016,18(1):56-58.

(收稿日期:2023-08-01)

(上接第 850 页)

- [11] 孙纯华. 用凝聚胺法、微柱凝胶法和玻片法对患者进行 ABO 血型检测的效果对比[J]. 当代医药论丛,2019,17(22):75-76.
- [12] 李琳琳,李美霖,车进,等. 全自动血型分析仪与微板法应用于献血者不规则抗体筛查的比较分析[J]. 检验医学与临床,2016,13(5):593-594.
- [13] Thomas B, Anania K, DeCicco A, et al. Toward Rhesus Compatibility in the Joint Blood Supply Chain[M]. Santa Monica, Calif: the RAND Corporation, 2018.
- [14] 朱锋,邵小宝,栾建凤,等. 应急快速 ABO 及 RhD 固相法血型定型技术的评估研究[J]. 医学研究生学报,2016,29(12):1315-1317.
- [15] 侯涛,朱培元,严京梅,等. 固相法血型定型试剂的研制及准确性评估[J]. 临床误诊误治,2013,26(10):96-98.
- [16] 刘福昌. 固相层析法血型检测卡初筛 ABO 血型错误原因分析[J]. 实验与检验医学,2021,39(1):245-247.
- [17] 王晓翠,王文婷,魏贤,等. 快速血型定型及交叉配血对创伤出血性休克患者抢救重要性的探讨[J]. 现代生物医学进展,2020,20(22):4253-4256.
- [18] 马印图,侯小康,谷建芳,等. 一次性输血输液加温袖带的设计与应用[J]. 医疗卫生装备,2021,42(7):100-103.
- [19] 马印图,陈莉,陈晓飞,等. 野战输血输液加压装置的研制与应用[J]. 临床血液学杂志,2021,34(4):271-274.
- [20] 高军,王更银,马印图. 野战血液保障箱组在医疗救援联合行动中的应用体会[J]. 人民军医,2010,53(S1):60-61.

(收稿日期:2023-04-09)