· 论著 ·

通用型富血小板血浆制备方法的研究

王璐[1]　吴琼[2]　姚新月[1]　毛平平[1]　杨奕[1]　罗开云[1]　李娜[1]　王淑君[1]

(1. 东部战区总医院 输血医学科,江苏 南京 210002;2. 东部战区总医院 科研训练科,江苏 南京 210002)

摘要:目的　为平战时大批量或紧急情况下救治伤患赢得时间,消除血型匹配要求,促进富血小板血浆(PRP)实现产品化,探讨通用型 PRP 的混合配置比例。**方法**　将 O、A、B、AB 不同血型的 PRP 混合,根据混合后的 PRP 中抗-A 与抗-B 效价强度变化趋势确定最佳比例。通过 ELISA 法测定混合前和混合后 PRP 中生长因子 PDGF-AA、PDGF-BB、EGF、TGF-β1 和 VEGF 含量。**结果**　A∶B∶AB 体积比例为6∶2.5∶24 时,混合 PRP 在微柱凝胶抗人球蛋白卡中与 A 细胞和 B 细胞的反应强度均为阴性,即为通用型 PRP,其生长因子含量未降低。**结论**　有望通过抗原抗体反应中和血型抗体,实现通用型 PRP 制备。

关键词:富血小板血浆;血型抗体效价;微柱凝胶抗人球蛋白试验;生长因子

中图分类号:R331.1　　**文献标识码:**A　　**文章编号:**1004-549X(2026)7-0840-07

DOI:10.13303/j.cjbt.issn.1004-549x.2026.07.004

Study on preparation of universal platelet-rich plasma

WANG Lu[1], *WU Qiong*[2], *YAO Xinyue*[1], *MAO Pingping*[1], *YANG Yi*[1], *LUO Kaiyun*[1], *LI Na*[1], *WANG Shujun*[1].

1. *Department of Blood Transfusion*; 2. *Department of Scientific Research and Training*, *Jinling Hospital*, *Medical School of Nanjing University*, *Nanjing* 210002, *China*.

Corresponding author: *WANG Shujun*, *Email*: *shujun*0106@*sina.com*

Abstract: Objective　To improve the efficiency of patient treatment in routine, emergency, and mass casualty scenarios (both peacetime and wartime), eliminate reliance on blood type compatibility, and promote the productization of platelet-rich plasma (PRP), this study investigated the optimal mixing ratio for developing a universal PRP formulation. **Methods**　PRP was prepared from donors with blood types O, A, B, and AB. Samples were mixed in varying proportions, and the optimal ratio was determined based on the trend of anti-A and anti-B antibody titers in the mixed PRP. Concentrations of the growth factors PDGF-AA, PDGF-BB, EGF, TGF-β1, and VEGF were measured by enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA) before and after mixing. **Results**　A mixing ratio of A∶B∶AB = 6∶2.5∶24 resulted in no detectable agglutination with either A or B cells in the microcolumn gel system, indicating the absence of immunological reactivity and confirming universal compatibility. Importantly, the levels of all measured growth factors remained unchanged following mixing, suggesting preservation of biological activity. **Conclusion**　These findings suggest that universal PRP can be prepared by neutralizing blood type antibodies through antigen-antibody reactions.

Key words: platelet-rich plasma; titer of blood group antibodies; microcolumn gel anti-human globulin test; growth factor

富血小板血浆(platelet-rich plasma, PRP)含有多种细胞因子、生长因子、细胞黏附分子和趋化因子[1],可参与组织愈合和增殖的过程。在创面[2]、肌腱[3]、软骨[4]、骨损伤[5]、难治性消化道出血[6]、神经病理性疼痛[7]、薄型子宫内膜[8]、卵巢功能早衰[9]及雄激素性脱发[10]等疾病的治疗发挥了组织修复和再生作用,目前在临床也有广泛应用。PRP 疗法的有效性依赖于足够的血小板数量和良好的血小板功能。但是,PRP 制备标准尚未完全统一,导致治疗效果存在差异[11]。

目前临床使用的 PRP 可分为自体和异体两种,以前者居多。对于一些需要进行 PRP 治疗,又无法制备自体 PRP 或处于紧急情况下无法获取同型异体 PRP 的患者,是否可以制备一种 ABO 各血型患者通用的 PRP? 结合既往对通用血浆的研究

基金项目:东部战区总医院院内课题(22LCZLXJS52)

第一作者简介:王璐(1993-),女,技师,Email:2313060955@qq.com;**通信作者:**王淑君,Email:shujun0106@sina.com

思路[12],本研究拟将不同 ABO 血型单采血小板进行一定比例混合,通过发生抗原抗体反应来中和 PRP 的血型抗体,并检测代表性生长因子浓度来评估其质量[13],探讨制备通用型 PRP 的可行性。

1 对象与方法

1.1 研究对象

标本来源于江苏省血液中心采集的健康献血者的单采血小板制品,O、A、B 和 AB 型单采血小板各取 40 份。留样袋取 0.5 mL 行血常规检测,5 mL 置于-40℃冰箱冻存,用于制备冰冻 PRP。

1.2 仪器与材料

血小板震荡保存箱(苏州市医用仪器厂,型号:XHZ-IV)、电热恒温水箱(上海一恒科学仪器有限公司,型号:DK-8AD)、免疫血清学离心机(日本久保田公司,型号:KA-2200)、微柱凝胶抗人球蛋白卡离心机(西班牙基立福公司,型号:DG Spin)、孵育箱(瑞士达亚美公司,型号:ID-Incubator37SI)、全自动血型仪(西班牙基立福公司,型号:Erytra)、血细胞分析仪(深圳迈瑞生物医疗电子股份有限公司,型号:BC-760)、酶标仪(美国赛默飞公司,型号:Multiskan FC)、旋涡混合器(上海琪特分析仪器有限公司,型号:QT-2)。

戴安娜微柱凝胶抗人球蛋白卡(西班牙基立福公司,23036.01.1)、标准红细胞(由 3-5 人份检验合格的献血员红细胞制备)、低离子介质(西班牙基立福公司,批号:23003.01.1)、生理盐水(安徽丰原药业股份有限公司,批号:3225050404)、巯基乙醇(上海血液生物医药有限责任公司,批号:20227701)、PDGF-AA ELISA 试剂盒(杭州联科生物有限公司,批号:A121330432)、PDGF-BB ELISA 试剂盒(杭州联科生物有限公司,批号:A913730822)、EGF ELISA 试剂盒(杭州联科生物有限公司,批号:19330532)、TGF-β1 ELISA 试剂盒(杭州联科生物有限公司,批号:A98130432)、VEGF ELISA 试剂盒(杭州联科生物有限公司,批号:A18330243)。

1.3 方法

1.3.1 检测方法

IgM 型抗体效价测定:将 PRP 用生理盐水进行倍比稀释,取 2%~4%的标准红细胞 1 滴加入经倍比稀释的 PRP 中,混匀后 1 000 g 离心 15 s,30 s~1 min 内观察结果。凝集反应强度为 1+试管的最高稀释比例即为效价[14]。

IgG 型抗体效价测定:将 PRP 与巯基乙醇等量混合,置于 37℃水浴 30 min 灭活 IgM 型血型抗体。使用全自动血型仪检测 IgG 型血型抗体。

微柱凝胶抗人球蛋白卡检测通用型 PRP 血型抗体:用低离子介质分别将 A、B、O 标准红细胞配制成浓度为 0.8%~1%的红细胞悬液,取 50 μL 红细胞悬液加入反应槽内,再加入 25 μL PRP。将微柱凝胶抗人球蛋白卡置于 37℃孵育箱内孵育 15 min,离心 9 min 后观察结果。

生长因子检测:检测混合前 PRP、混合 PRP 和通用型 PRP 的生长因子浓度,用 ELISA 法检测生长因子 PDGF-AA、PDGF-BB、EGF、TGF-β1、VEGF 浓度,所有操作均严格按照试剂盒的说明书进行。

1.3.2 ABO 血型系统通用型 PRP 制备方法

1.3.2.1 制备同型 PRP 混合物

将相同血型的 PRP 按 5 人份、10 人份、20 人份和 30 人份进行混合,各规格分别制备 10 份。5 人份由同血型 5 份 PRP 各 100 μL 混合而成,10 人份由同血型 10 份 PRP 各 100 μL 混合而成,以此类推 20 人份和 30 人份。充分混匀后检测混合 PRP 的 IgM 血型抗体效价。

1.3.2.2 制备 ABO 血型系统通用型 PRP

选择接近 30 人份[15]效价稳定的最小混合人份 PRP 作为混合 PRP,用于制备通用型 PRP。将混合 PRP 按照不同血型组合及体积比例进行混合,置于血小板震荡箱,22℃,震荡混匀 1h[12]。根据混合后的 PRP 在微柱凝胶抗人球蛋白卡中与 A 细胞及 B 细胞的反应强度变化趋势确定比例方向后选择最佳比例。

1.4 统计学分析

采用 SPSS 27.0 统计软件进行统计分析。结果当 $n>50$ 用 Kolmogorov-Smirnov 检验正态分布性,$n\leqslant 50$ 用 Shapiro-Wilk 检验正态分布性,符合正态分布的数据用均数±标准差($\bar{x}\pm s$),抗体效价用频次表示。生长因子结果经 K-S 检验正态分布性,则采用正态分布法计算其 95%分布范围;若不服从正态分布,则采用百分位数法计算其 95%分布范围。两组生长因子结果符合正态分布、方差齐性采用 t 检验,以 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。采用 GraphPad Prism 9 统计软件进行图像处理。

2 结果

2.1 PRP 一般参数

混合前 PRP 的血小板计数(1 036.72 ± 129.59)×10^9/L,红细胞计数(0.03±0.02)×10^{12}/L,白细胞计数(0.05±0.03)×10^9/L。$PDGF^-AA$ 和 VEGF 服从正态分布,EGF、$PDGF^-BB$ 和 $TGF^-\beta1$ 不服从正态分布。各生长因子 95% 分布范围分别为:VEGF[119.64,995.28]pg/mL,$PDGF^-AA$[11 255.59,16 887.26]pg/mL,EGF[1 830.53,5 127.63]pg/mL,$PDGF^-BB$[29 649.93,39 999.54]pg/mL,$TGF^-\beta1$[122.44,1901.02]pg/mL(表 1)。

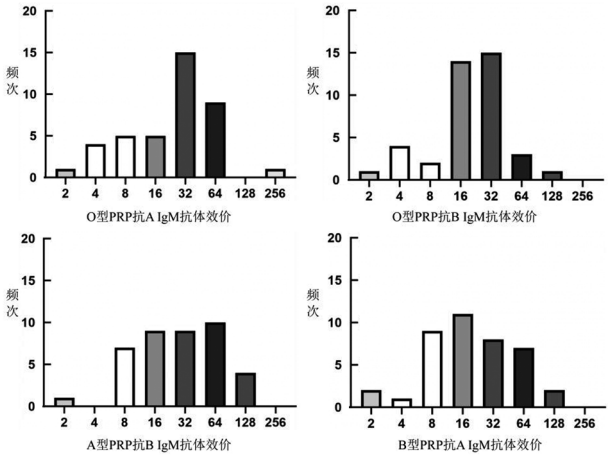
表 1　PRP 中 5 种生长因子检测结果

Table 1　Detection results of five growth factors in PRP samples

生长因子	平均值	中位数	最小值	最大值	95%分布范围
VEGF	557.46	-	149.25	1 054.35	119.64,995.28
$PDGF^-AA$	14 071.43	-	11 233.70	19 269.04	11 255.59,16 887.26
EGF	-	3726.14	1 636.54	5 492.58	1 830.53,5 127.63
$PDGF^-BB$	-	38 153.02	19 325.82	40 015.90	29 649.93,39 999.54
$TGF^-\beta1$	-	796.88	122.14	1901.02	122.44,1 901.02

2.2　PRP 的 IgM 抗体效价

O 型 PRP IgM 抗体效价分布范围为 2~256,主要集中在 4~64;A 型 PRP IgM 抗体效价分布范围为 2~128,主要集中在 8~64;B 型 PRP IgM 抗体效价分布范围为 2~128,主要集中在 8~64(图 1)。



注:横轴为效价:2、4、8、16、32、64、128、256,纵轴为抗体效价检出频次。

图 1　PRP 中 IgM 抗体效价分布范围

Figure 1　Range of IgM antibody titers of PRP

2.3　不同人份混合 PRP 血型抗体效价

O、A、B 三种 PRP 根据不同人份混合后得到的抗体效价波动范围见表 2,实验结果表明,5 人份混合 PRP 抗体效价波动范围较大,随着混合 PRP 标本量增加,抗体效价水平趋于稳定。10 人份、20 人份和 30 人份混合 PRP 抗体效价波动范围小。其中,10 人份最容易获得及制备,因此,确定以 10 人份 PRP 进行同型混合用于后续实验。

表 2　不同人份 PRP 血型抗体效价波动范围

Table 2　Range of PRP blood type antibody titers among different individuals

人份	抗-A IgM(O 型)	抗-B IgM(O 型)	抗-A IgM(B 型)	抗-B IgM(A 型)
5	8~64	4~32	8~32	4~32
10	8~32	4~16	16~32	16~32
20	16~64	8~16	16~32	16~32
30	16~32	4~8	16~32	16

2.4　混合 PRP 制备通用型 PRP

2.4.1　探讨混合 PRP 血型组合

O、A、B 和 AB 型各制备 10 份混合 PRP,进行不同血型及体积比组合,其抗-A 和抗-B 结果见表 3。O 与 AB 的 3 种比例 PRP 抗-A 均达 3+,抗-B 多为 3+;O、A、B 和 AB 等比例混合时,抗-A 和抗-B 均达 3+。A∶B=1∶1时,抗-A>抗-B;A∶B=3∶1时,抗-B>抗-A,比例达 60%;A∶AB=1∶3和 B∶AB=1∶3时,抗-A 与抗-B 反应强度不一致;A∶B∶AB=1∶1∶1时,抗-A 与抗-B 的反应强度趋于一致,为阴性~1+。因此,以 A、B 和 AB 三种混合 PRP 进行后续实验。

2.4.2　探讨 A、B 与 AB 三种混合 PRP 比例

A 与 B 等比例的情况下,AB 型 PRP 比例越高的组合,其抗-A 与抗-B 反应强度越弱,但抗-A 未被完全中和。A∶B∶AB=2∶1∶2比 A∶B∶AB=1∶1∶2的抗-A 强度弱,但抗-A 反应仍高于抗-B,调整 A∶B 为6∶2.5(表 4)。当 A∶B∶AB 比例为6∶2.5∶24(图 2)及 6∶2.5∶30 时抗-A 与抗-B 反应均为阴性。因此,以 A、B 和 AB 体积比为 6∶2.5∶24 时,更容易制备获得,以此比例的混合 PRP 作为通用型 PRP 进行后续性能验证。

10 份通用型 PRP 与 A 细胞、B 细胞和 O 细胞反应格局均为阴性,设 AB 型 PRP 作为对照组,见图 2。

10 份通用型 PRP 的 IgG 抗-A 和 IgG 抗-B 效价均小于 4,IgM 抗-A 和 IgM 抗-B 效价均小于 2,见表 5。

表 3 不同血型组合 PRP 抗-A 和抗-B 反应强度

Table 3 PRP anti-A and anti-B reaction intensity for different blood type combinations

PRP 比例	细胞	混合 PRP 反应强度									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
O∶AB=1∶1	A 细胞	3+	3+	3+	3+	3+	3+	3+	3+	3+	3+
	B 细胞	3+	3+	3+	3+	3+	3+	3+	3+	3+	3+
O∶AB=1∶3	A 细胞	3+	3+	3+	3+	3+	3+	3+	3+	3+	3+
	B 细胞	3+	3+	3+	3+	3+	3+	3+	3+	3+	3+
O∶AB=1∶9	A 细胞	3+	3+	3+	3+	3+	3+	3+	3+	3+	3+
	B 细胞	1+	1+	3+	3+	2+	2+	2+	1+	1+	1+
O∶A∶B∶AB=1∶1∶1∶1	A 细胞	3+	3+	3+	3+	3+	3+	3+	3+	3+	3+
	B 细胞	3+	3+	3+	3+	3+	3+	3+	3+	3+	3+
A∶B=1∶1	A 细胞	2+	2+	2+	1+	2+	2+	2+	2+	1+	2+
	B 细胞	1+	±	±	1+	±	±	1+	±	1+	θ
A∶B=3∶1	A 细胞	±	1+	1+	1+	2+	3+	1+	1+	±	1+
	B 细胞	3+	1+	3+	1+	1+	1+	2+	2+	3+	3+
A∶AB=1∶2	A 细胞	θ	θ	θ	θ	θ	θ	θ	θ	θ	θ
	B 细胞	2+	2+	2+	2+	1+	3+	2+	3+	2+	2+
A∶AB=1∶3	A 细胞	θ	θ	θ	θ	θ	θ	θ	θ	θ	θ
	B 细胞	1+	1+	2+	1+	1+	2+	1+	2+	2+	1+
B∶AB=1∶2	A 细胞	2+	2+	2+	3+	3+	2+	3+	2+	2+	2+
	B 细胞	θ	θ	θ	θ	θ	θ	θ	θ	θ	θ
B∶AB=1∶3	A 细胞	2+	1+	1+	1+	1+	1+	3+	1+	1+	1+
	B 细胞	θ	θ	θ	θ	θ	θ	θ	θ	θ	θ
A∶B∶AB=1∶1∶1	A 细胞	1+	±	1+	±	±	±	1+	1+	1+	1+
	B 细胞	±	θ	±	±	θ	±	1+	θ	±	±

注:标本编号用 1、2、3、4、5、6、7、8、9、10 表示;阴性结果用 θ 表示,阳性结果强度按照±、1+、2+、3+逐步增加。O∶AB、O∶A∶B∶AB、A∶B、A∶AB、B∶AB、A∶B∶AB 均为不同 ABO 血型的 PRP 体积比。

表 4 A、B 和 AB 型不同体积组合 PRP 抗-A 和抗-B 反应强度

Table 4 Reaction intensity of anti-A and anti-B in PRP with different volume combinations of type A, B, and AB

A∶B∶AB	细胞	混合 PRP 反应强度									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1∶1∶2	A 细胞	2+	1+	2+	1+	2+	1+	1+	1+	1+	1+
	B 细胞	θ	θ	θ	±	θ	±	θ	θ	θ	θ
1∶1∶4	A 细胞	1+	±	±	±	±	±	±	1+	±	±
	B 细胞	θ	θ	θ	θ	θ	θ	θ	θ	θ	θ
1∶1∶5	A 细胞	±	±	θ	±	±	±	1+	±	±	±
	B 细胞	θ	θ	θ	θ	θ	θ	θ	θ	θ	θ
2∶1∶2	A 细胞	±	±	±	±	1+	1+	1+	±	±	±
	B 细胞	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±
6∶2.5∶1.5	A 细胞	1+	1+	1+	1+	1+	±	±	1+	±	±
	B 细胞	2+	2+	2+	2+	1+	2+	2+	1+	1+	±
6∶2.5∶12	A 细胞	θ	θ	θ	θ	θ	±	±	θ	±	θ
	B 细胞	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±
6∶2.5∶24	A 细胞	θ	θ	θ	θ	θ	θ	θ	θ	θ	θ
	B 细胞	θ	θ	θ	θ	θ	θ	θ	θ	θ	θ
6∶2.5∶30	A 细胞	θ	θ	θ	θ	θ	θ	θ	θ	θ	θ
	B 细胞	θ	θ	θ	θ	θ	θ	θ	θ	θ	θ

注:标本编号用 1、2、3、4、5、6、7、8、9、10 表示;阴性结果用 θ 表示,阳性结果强度按照±、1+、2+、3+逐步增加。A∶B∶AB 为不同血型 PRP 体积比。

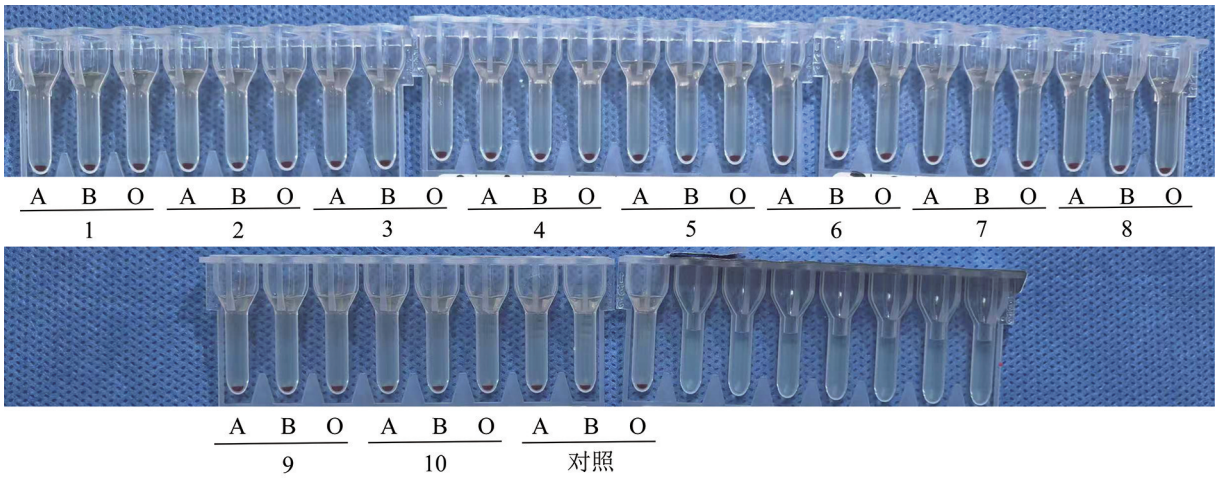


图 2 通用型 PRP 抗体反应结果

Figure 2 Universal PRP antibody reaction results

表 5　混合 PRP 的血型抗体效价

Table 5　Blood types antibody titers of mixed PRP

抗体类型	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
抗-A IgM	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
抗-A IgG	<4	<4	<4	<4	<4	<4	<4	<4	<4	<4
抗-B IgM	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
抗-B IgG	<4	<4	<4	<4	<4	<4	<4	<4	<4	<4

注:标本编号用 1、2、3、4、5、6、7、8、9、10 表示。

2.5　通用型 PRP 生长因子

通用型 PRP 检测的 5 种生长因子:VEGF(468.37±31.33) pg/mL、PDGF-AA(14 987.66±772.18)pg/mL、EGF(2 394.87±532.83)pg/mL、PDGF-BB(38 224.09±543.08)pg/mL、TGF-β1(631.93±130.56)pg/mL。10 人份同型混合 PRP 的 5 种生长因子:VEGF(503.21±51.15) pg/mL、PDGF-AA(14 567.45±736.90) pg/mL、EGF(2 864.32±830.27)pg/mL、PDGF-BB(37 695.26±573.84)pg/mL、TGF-β1(730.12±90.64)pg/mL。各生长因子均在其 95%分布范围内,10 人份混合 PRP 的各生长因子与通用型 PRP 差异无统计学意义(图 3)。

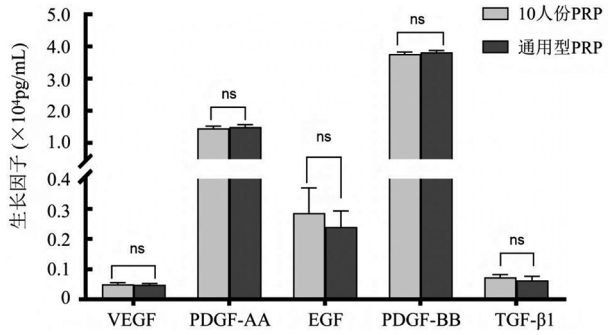


图 3　两种 PRP 的生长因子浓度

Figure 3　Concentration of growth factors in both types of PRP

3　讨论

随着 PRP 在再生领域显示出的生物安全性及良好治疗价值,其质量控制也受到更多的重视。通用型 PRP 可以从血小板浓度、纯度、ABO 血型抗体、生长因子浓度方面进行更好的质量控制,更容易实现标准化产品。此外,通用 PRP 也可以为平战时多种创伤救治的患者和伤员赢得时间。

本研究结合我国 A 型、B 型献血者血浆中抗-B、抗-A 的抗体效价集中在 16~32[16-17],为减少 PRP 的 IgM 抗体效价对通用型 PRP 的影响,将相同血型 PRP 进行多人份混合。A 型和 B 型的 10 人份 PRP 混合后即可将抗体效价稳定在 16~32 之间,用于进一步制备通用型 PRP。

加入 O 型的混合 PRP 抗-A 和抗-B 反应强度多数达 3+,可能与 O 型 PRP 中有不易中和的较高效价 IgG 抗体[18]有关,结合 O 型 PRP 中无可用于中和抗-A 和抗-B 的血型物质,因此,制备通用型 PRP 时将 O 型剔除。当 A∶B 在1∶1~3∶1时,混合 PRP 中的抗-A 和抗-B 反应强度相差较小。借鉴国内研究[12,19],通用型血浆的比例 A∶B=6∶2.5,与本实验结果一致,故 A 与 B 型 PRP 选择该混合比例,在此基础上加入 AB 型 PRP 补偿,降低抗体效价反应强度。研究结果表明,加入 AB 型 PRP 越多抗体反应越弱,AB 型 PRP 不仅有中和抗体的作用,还有稀释作用,但需要考虑可能存在因抗原过量产生的后带效应。当 A∶B∶AB 为6∶2.5∶24 或 6∶2.5∶30 抗-A 和抗-B 均为阴性,且均未出现后带效应。结合制备通用型 PRP 的可行性,选择体积比 A∶B∶AB=6∶2.5∶24。

对通用型 PRP 的临床疗效则通过其中 5 种重要生长因子[20]的测定来进行评判,将未混合的不同血型 PRP 取其 95%分布范围作为正常值参考范围。通用型 PRP 的 5 种生长因子检测结果均在上述范围内,且与 10 人份混合 PRP 比较无统计学差异,即未因为抗体中和反应而导致生长因子浓度降低,与文献参考范围检测结果一致[20]。

本实验主要从抗体检测、生长因子含量分析通用型 PRP,未进行血小板抗原检测,需要对其进一步研究。此外,研究发现经冰冻 PRP 解冻后存在纤维蛋白析出现象,对抗体效价及微柱凝胶抗人球蛋白试验有假阳性干扰。可通过 2 000 g 离心 1 min 去除析出物,避免加样误差。使用未经冻存的新鲜 PRP 混合可以有效避免此类蛋白的干扰,同时新鲜 PRP 中的血小板未破碎,拥有完整的膜结构,能更好地中和血型抗体,后续将使用未经冻存的新鲜 PRP 标本做进一步研究。

综上所述,可通过抗原抗体反应中和血型抗体,实现通用型 PRP 制备,混合体积比为 A∶B∶AB=6∶2.5∶24。为通用型 PRP 实现其产品化提供理论依据,有望实现紧急情况下应用通用型 PRP,可以消除血型匹配要求,为救治伤患赢得时间。

利益冲突说明/Conflict of Interests

所有作者均声明不存在利益冲突。

伦理批准及知情同意/Ethics Approval and Patient Consent

本研究通过东部战区总医院伦理委员会批准(伦理号

2022DZKY-025-01)。本研究纳入的所有患者,其本人及家属均签署了知情同意书。

作者贡献/Authors′ Contribution

王璐:文章的初步撰写,资料查找、标本收集、实验实施、数据收集;吴琼:资料查找、文章校对;姚新月:文章把关并审核;毛平平:数据统计分析、数据审核;杨奕:修改文章;罗开云:实验实施;李娜:标本提供;王淑君:提出构思、设计文章框架、审核数据、确认终稿。

[参考文献]

[1] 王淑君,李兆杰,杨奕,等. 血小板衍生制品促进创面愈合的研究进展[J]. 临床输血与检验,2024, 26(6):825-834.
WANG S J, LI Z J, YANG Y, et al. Platelet-derived products in wound healing[J]. J Cli Transfus Lab Med, 2024, 26(6):825-834.

[2] WANG S J, DING W W, DU Y, et al. Allogeneic platelet gel therapy for refractory abdominal wound healing:a preliminary study[J]. Adv Clin Exp Med, 2023, 32(8):865-872.

[3] LI S Z, YANG G, CHEN R J, et al. Use of adjunctive platelet-rich plasma for healing during arthroscopic release and repair for recalcitrant lateral epicondylitis:a prospective, double-blind, randomized controlled trial[J]. Am J Sports Med, 2025, 53(8):1817-1825.

[4] HASSAN N H, AHMAD R E, KAMARUL T, et al. Allogenic platelet-rich plasma for treating cartilage injury:a systematic review of the evidence on the basic sciences for potential future applications[J]. Cells Tissues Organs, 2024, 213(4):338-355.

[5] ARORA V, JOSHI A, ANTHWAL N, et al. Bone regeneration using PRF, PRP and β-TCP in bone defects[J]. Bioinformation, 2025, 21(4):793-796.

[6] LI Z, ZHOU Y, WANG S J, et al. Nasointestinal tube feeding of platelet-rich plasma cured obscure gastrointestinal bleeding[J]. Chin Med J (Engl), 2022, 135(19):2383-2385.

[7] LIU L, YANG D, DUAN B L, et al. Effectiveness and safety of platelet-rich plasma combined with pulsed radiofrequency to treat patients with infraorbital neuralgia:a propensity score-matched analysis of a multi-center, prospective cohort protocol[J]. J Pain Res, 2025, 18:1643-1656.

[8] 穆士杰,赵树铭,王文婷. 自体单采富血小板血浆治疗薄型子宫内膜的专家共识[J]. 临床输血与检验,2023, 25(3):289-296.
MU S J, ZHAO S M, WANG W T. Expert consensus on autologous apheresis platelet-rich plasma in the treatment of thin endometrium[J]. J Cli Transfus Lab Med, 2023, 25(3):289-296.

[9] FRAIDAKIS M, GIANNAKAKIS G, ANIFANTAKI A, et al. Intraovarian platelet-rich plasma Injections:safety and thoughts on efficacy based on a single centre experience with 469 women[J]. Cureus, 2023, 15(5):e38674.

[10] XIAO C, ZHANG G H, LI H Q, et al. Meta-analysis of efficacy of platelet-rich plasma combined with minoxidil for androgenetic alopecia[J]. Aesthetic Plast Surg, 2024, 48(21):4554-4566.

[11] 单桂秋,施琳颖,李艳辉,等. 自体富血小板血浆制备技术专家共识[J]. 中国输血杂志, 2021, 34(7):677-683.
SHAN G Q, SHI L Y, LI Y H, et al. Expert consensus on preparation technique of autologous platelet-rich plasma[J]. Chin J Blood Transfusion, 2021, 34(7):677-683.

[12] 王淑英. 通用型病毒灭活血浆制备方法研究[D]. 中国人民解放军医学院, 2012.
WANG S Y. Study on preparation of virus-inactivated universal plasma[D]. Chinese PLA Medical School, 2012.

[13] 李少文,朱展鸿,余楠,等. 富血小板血浆制备及其质量评价体系初探[J]. 中国输血杂志, 2022, 35(10):1085-1091.
LI S W, ZHU Z H, YU N, et al. Review on platelet-rich plasma preparation and its quality evaluation[J]. Chin J Blood Transfusion, 2022, 35(10):1085-1091.

[14] 尚红,王毓三,申子瑜. 全国临床检验操作规程[M]. 人民卫生出版社:201911:2335.
SHANG H, WANG Y S, SHEN Z Y. National operating procedures for clinical laboratory tests[M]. People′s Medical Publishing House:201911:2335.

[15] 陈冠伊. 通用型血浆体内外免疫安全性研究[D]. 中国人民解放军医学院, 2017.
CHEN G Y. Study on the immune safety of universal plasma in vivo and in vitro[D]. Medical School PLA, 2017.

[16] 肖瑞卿,隆晓秋,王泽蓉,等. 血浆与红细胞悬液上清液中抗体效价及血浆蛋白的含量分析[J]. 中国输血杂志, 2011, 24(11):929-930.
XIAO R Q,LONG X Q,WANG Z R, et al. Analysis of antibody titer and plasma protein content in plasma and supernatant of red blood cell suspension[J]. Chin J Blood Transfusion, 2011, 24(11):929-930.

(下转第 866 页)

Apher, 2025, 40(1):e70006.

[15] MALICEV E, KOZAK M, ROZMAN P. Evaluation of a flow cytometric assay for the confirmation of heparin-induced thrombocytopenia[J]. Int J Lab Hematol, 2016, 38(3):240-245.

[16] DENG Y, XING J, TAN Z, et al. Clinical application of 4% sodium citrate and heparin in the locking of central venous catheters (excluding dialysis catheters) in intensive care unit patients:a pragmatic randomized controlled trial[J]. PLoS One, 2023, 18(7):e0288117.

[17] KEKLIK M, CELIK S, YILDIZHAN E. Comparison of centrifugal and membrane filtration modalities on therapeutic plasma exchange[J]. J Clin Apher, 2022, 37(3):217-222.

[18] OHKUBO A, OKADO T, MIYAMOTO S, et al. Fibrinogen reduction during selective plasma exchange due to membrane fouling[J]. Ther Apher Dial, 2017, 21(3):232-237.

[19] XIANG Y, LI R, CAI J, et al. Three artificial liver models of treatment of acute-on-chronic liver failure[J]. Ther Clin Risk Manag, 2024, 20:731-740.

[20] BOISSON C, NADER E, RENOUX C, et al. Shear-stress-gradient and oxygen-gradient ektacytometry in sickle cell patients at steady state and during vaso-occlusive crises[J]. Cells, 2022, 11(3):585.

[21] 潘寒寒,孟园园,王亚红,等. 急性肝衰竭人工肝系统支持发生血浆分离器破膜危险因素分析[J]. 医学理论与实践, 2023, 36(10):1739-1741.
PAN H H, MENG Y Y, WANG Y H,et al. Analysis of risk factors for plasma separator rupture in artificial liver system support for acute liver failure[J]. J Med Theory Pract, 2023, 36(10):1739-1741.

[22] BAI M, YU Y, ZHAO L, et al. Regional citrate anticoagulation versus no anticoagulation for CKRT in patients with liver failure with increased bleeding risk[J]. Clin J Am Soc Nephrol, 2024, 19(2):151-160.

[23] DHIR H, KUMAR D, SHAH D, et al. Efficacy of oral vs. intravenous calcium supplementation for continuation therapy in hypocalcemic seizures: a randomized, controlled trial[J]. Indian J Pediatr, 2023, 90(5):433-437.

(2026-01-05 收稿,04-21 修回,04-28 接收)

本文编辑:李宜蔓

(上接第 845 页)

[17] 赵敏. 血浆与红细胞悬液上清液中抗体效价及血浆蛋白的含量研究[J]. 中国医疗前沿, 2012, 7(24):53-54.
ZHAO M. Content research on antibody titer and plasma protein of plasma and red blood cell suspension supernatant fluid[J]. National Medical Frontiers of China, 2012, 7(24):53-54.

[18] 杨梦娇,周利,曹兴明,等. 正常 O 型人血清 ABO 血型抗体主要类别的分析[J]. 中国实验诊断学, 2013, 17(4):697-699.
YANG M J, ZHOU L, CAO X M, et al. Analysis of the major ABO blood group antibody class in type O human serum[J]. Chin J Lab Diagn, 2013, 17(4):697-699.

[19] CHEN G Y, ZHU L G, WANG S F, et al. Study on the immunological safety of universal plasma in the Chinese population in vitro[J]. Transfus Apher Sci, 2017, 56(2):171-174.

[20] 齐清,李兆杰,吴琼,等. 储存条件对长期保存 PRP 生长因子的影响[J]. 中国输血杂志, 2025, 386):759-765.
QI Q, LI Z J, WU Q, et al. Effect of storage conditions on long-term preservation of PRP growth factors[J]. Chin J Blood Transfusion, 2025, 386):759-765.

(2025-12-11 收稿,2026-03-30 修回,05-08 接收)

本文编辑:李宜蔓