



免疫血液学 检测技术

主编 逢海涛 焦淑贤 冯智慧



上海交通大学出版社
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY PRESS



免疫血液学检测技术

主 编：逢淑涛 焦淑贤 冯智慧

副主编：朱于莉 迟晓云 韩 斌 刘晓华

胡 彬 马文慧 安 润 杜 滨

孙 森 丁 慧



上海交通大学出版社
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY PRESS

内容提要

此书分为十八章,系统介绍了免疫血液学研究的新方法和新进展,而且兼顾了经典的实验技术,立足于服务临床输血和诊断,紧跟医学理论和技术的飞速发展,既有作者丰富的临床检验经验,也反映了当前临床免疫血液学醉心研究动态和成果,适用于各级医院检验科或输血科医师、检验人员及科研工作者阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

免疫血液学检测技术 / 逢淑涛, 焦淑贤, 冯智慧主编.

— 上海: 上海交通大学出版社, 2017

ISBN 978-7-313-15930-4

I. ①免… II. ①逢… ②焦… ③冯… III. ①免疫学-血液检查

IV. ①R446.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 238449 号

免疫血液学检测技术

主 编: 逢淑涛 焦淑贤 冯智慧

出版发行: 上海交通大学出版社

地 址: 上海市番禺路 951 号

邮政编码: 200030

电 话: 021-64071208

出 版 人: 郑益慧

印 制: 常熟市文化印刷有限公司

经 销: 全国新华书店

开 本: 710mm × 1000mm 1/16

印 张: 22.5

字 数: 373 千字

版 次: 2017 年 1 月第 1 版

印 次: 2017 年 1 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-313-15930-4/R

定 价: 68.00 元

版权所有 侵权必究

告读者: 如发现本书有印装质量问题请与印刷厂质量科联系

联系电话: 0512 — 52219025

前 言

免疫血液学检验是医学检验学的一个重要分支，包含红细胞血型系统，白细胞血型系统（HLA 血型系统）、血小板血型系统的检测及输血前免疫血液学检查和产前及新生儿相关免疫血液学检测技术。经过漫长的发展，免疫血液学检测技术已经是可以利用现代分析技术，对人体各种血液成分及体液进行显微镜学、物理学、化学、免疫学及分子生物学的检验，以帮助临床得到输血及血液免疫学相关的诊断、疗效、病程监测及预后判断的重要资料，同时还能将健康状况予以评价，是临床和实验室紧密结合的综合性应用学科。

面对纷繁复杂的检验项目，临床检验师迫切需要一本内容与时俱进，又兼顾经典试验方法、言简意赅的免疫血液学检测项目书籍，为此，我们结合多年为临床检测的工作经验，在此基础上，查阅了大量国内外文献，终于编纂了此书。

此书分为十八章，系统介绍了免疫血液学研究的新方法和新进展，而且兼顾了经典的实验技术，立足于服务临床输血和诊断，紧跟医学理论和技术的飞速发展，既有作者丰富的临床检验经验，也反映了当前临床免疫血液学最新研究动态和成果，适用于各级医院检验科或输血科医师、检验人员及科研工作人员阅读参考。

参加此书编写的人员均是有着丰富经验的临床工作者，但由于工作繁忙和能力有限，在编写过程中难免有片面和疏漏之处，书中不尽如人意或者错误的地方在所难免，敬请读者提出宝贵的意见。

编 者

目 录

第一章 常规方法

第一节	ABO 和 Rh 分型	001
第二节	抗体筛查试验	004
第三节	抗球蛋白交叉配血	007
第四节	弱 D 检测	009
第五节	交叉配血试验（即刻离心法）	011
第六节	血清学反应分级	013
第七节	血清学实验质控	015

第二章 抗体筛查方法

第一节	白蛋白添加液法	019
第二节	白蛋白——抗人球蛋白法	021
第三节	酶——抗人球蛋白法	023
第四节	低离子聚凝胺（LIP）——抗人球蛋白法	026
第五节	低离子强度盐（LISS）溶液——抗人球蛋白法	029
第六节	低离子强度盐（LISS）溶液 - 无花果蛋白酶——抗人球蛋白法	031
第七节	聚乙二醇（PEG）——抗人球蛋白法	033
第八节	盐水凝集试验	035
第九节	盐水——抗人球蛋白法	037

第三章 酶技术

第一节	菠萝酶一步法抗体筛查	039
第二节	α -胰蛋白酶处理红细胞	041
第三节	无花果酶一步法抗体筛查	043
第四节	无花果酶处理红细胞	044
第五节	神经氨酸酶处理（T-活化）红细胞	047

第六节 木瓜酶 - 一步法抗体检测	048
第七节 木瓜蛋白酶处理红细胞	050
第八节 链霉蛋白酶处理红细胞	052
第九节 胰蛋白酶(粗酶)处理红细胞	055
第十节 胰蛋白酶(纯化酶)处理红细胞	057
第十一节 ZZAP 试剂处理红细胞	059

第四章 放散技术

第一节 放散前红细胞洗涤	061
第二节 氯仿放散抗体	063
第三节 氯仿 / 三氯乙烯放散抗体	066
第四节 二磷酸氯喹放散 IgG 型抗体	068
第五节 柠檬酸放散抗体	070
第六节 冷酸法放散抗体	072
第七节 酸处理放散抗体	074
第八节 乙醚法放散抗体	077
第九节 冻融法放散抗体 (Lui)	079
第十节 冻融法放散抗体 (Weiner)	080
第十一节 甘氨酸 - 盐酸放散 IgG 型抗体	083
第十二节 热放散抗体	084
第十三节 二氯甲烷法放散抗体	086
第十四节 微波法放散抗体	088
第十五节 从胎盘组织放散抗体	090
第十六节 超声法放散抗体	092
第十七节 二甲苯 / 右旋柠檬烯法放散抗体	094

第五章 细胞分离方法

第一节 直接离心法收集自身红细胞	097
第二节 邻苯二甲酸酯类收集自身红细胞	099
第三节 密度梯度离心法分离细胞	102
第四节 镰刀状红细胞贫血病患者自身红细胞收集	104

第五节	使用抗体分离混合细胞群	105
第六节	单个核细胞分离方法	107

第六章 免疫血液学的毛细管法

第一节	总则	110
第二节	单层白蛋白法	111
第三节	双层白蛋白法	112
第四节	单层酶法	114
第五节	4% 无花果蛋白酶法	115
第六节	预包被红细胞间接抗人球蛋白法	117
第七节	预包被间接抗人球蛋白法	119
第八节	盐水介质凝集实验	121

第七章 微孔板检测技术

第一节	总则	123
第二节	ABO 和 Rh 分型之稀释抗血清	125
第三节	菠萝蛋白酶处理供者红细胞	127
第四节	ABO 和 Rh (D) 分型	128
第五节	使用 LISS 进行抗体检测	131
第六节	LIP 技术	133

第八章 球蛋白包被红细胞技术

第一节	C3b/C4b 包被红细胞的制备	136
第二节	IgM/C3b 包被红细胞的制备	137
第三节	C4b 包被红细胞的制备	138
第四节	IgA/IgM 包被红细胞的制备	139
第五节	IgG 包被红细胞的制备	140

第九章 试剂的制备和储存

第一节	总则	142
第二节	AB 血清的制备	143
第三节	配制改良 ALSEVER's 溶液的配制	144

第四节	冷冻红细胞 - 甘油法冻存和复苏	145
第五节	冻存红细胞 - 液氮法保存及复苏	147
第六节	配制低离子强度盐溶液 (LISS)	150
第七节	制备 EDTA 盐溶液	151
第八节	制备磷酸盐缓冲液 (PBS)	153
第九节	配制等渗磷酸盐缓冲液 (PBS)	155
第十节	血浆再钙化	156

第十章 抗体鉴定方法

第一节	抗体鉴定试验结果的解释	158
第二节	计算概率水平	164
第三节	选择抗原阴性血用于输血	168
第四节	使用 IAT 反应性抗体鉴定红细胞表型	172
第五节	使用凝集抗体鉴定红细胞表型	174

第十一章 同种抗体鉴定的特殊方法

第一节	血清的酸化	178
第二节	AET 处理红细胞	179
第三节	吸收 - 放散组合技术	181
第四节	胰蛋白酶拮抗 NVG 受体的检测	184
第五节	DTT 灭活红细胞 KELL 及其他抗原	185
第六节	可溶性血型物质抑制试验	187
第七节	红细胞缢钱现象的处理	189
第八节	抗 $-N_{form}$ 的鉴定	191
第九节	次氯酸钠灭活红细胞上 S 抗原	193
第十节	两步法 EDTA-IAT 检测储存血清中抗 $-Jk^a/Jk^b$	194

第十二章 调查针对高频抗原的同种抗体

第一节	总则	196
第二节	滴定法确定 HTLA 的反应性	199
第三节	血浆或血清的聚集抑制	200
第四节	抗 $-Ch/-Rg$ 抗体的快速鉴定	202

第五节	HLA 抗体的识别	204
第六节	使用同源 C4 吸收抗 -Ch/-Rg	206
第七节	用酶处理或化学修饰的红细胞检测抗体	208

第十三章 产前、围产期检测

第一节	总则	212
第二节	抗体滴定	216
第三节	检测 Rh 阴性血中的 Rh 阳性红细胞—玫瑰花环实验	218
第四节	Rh 阴性血中 Rh 阳性红细胞的检测与定量 - 酶联抗球蛋白试验 (ELAT)	221
第五节	改良的 Kleihauer 酸放散试验	224
第六节	分光光度法分析羊水	226
第七节	处理华通胶 (Wharton jelly) 污染的脐血	228

第十四章 检测含自身抗体的标本

第一节	总则	230
第二节	抗人球蛋白试验——抗 -IgG 和抗 -C3 的直抗试验	234
第三节	抗人球蛋白试验——用抗 IgA 和抗 IgM 的直抗试验	237
第四节	抗人球蛋白试验——聚凝胺的直抗试验	239
第五节	抗人球蛋白试验——酶联 DAT	241
第六节	自身凝集的消除	244
第七节	冷反应性自身抗体——温度调幅试验	246
第八节	冷反应性自身抗体效价——诊断试验	247
第九节	冷反应性自身抗体效价——特异性试验	249
第十节	冷自身抗体吸收试验	251
第十一节	冷异体抗体吸收试验	253
第十二节	PCH 检测——Donath-Landsteiner 试验	255
第十三节	温反应性自身抗体效价——特异性试验	257
第十四节	温自身抗体吸收——加热和酶处理	259
第十五节	温 / 冷自身吸收——ZZAP 技术	262
第十六节	温同种吸收	264

第十七节 温微自体吸收	267
-------------------	-----

第十五章 药物诱导性溶血的研究

第一节 总则	269
第二节 检测头孢菌素类抗体	272
第三节 检测青霉素抗体	274
第四节 半合成青霉素抗体检测	275
第五节 药物 - 药物抗体复合物验证	277
第六节 药物 - 药物抗体复合物——体外试验	279
第七节 ALG/ATG 受者的 AHG 处理	281

第十六章 ABO 定型常见问题及处理

第一节 总则	284
第二节 ABO 实验——特殊调查	292
第三节 ABO 定型——酶处理的红细胞	294
第四节 确认弱 A 或者弱 B 抗原的表达	295
第五节 检测少量红细胞群——红细胞混合物	298
第六节 判定 ABH 分泌状态	299
第七节 判定 H 抗原的表达	301
第八节 分泌型 ABH 物质的定量	303
第九节 分离 A : O 混合细胞群	304
第十节 B 基因转移酶的 UDP——半乳糖筛选法	306

第十七章 多凝集反应的研究

第一节 AB 型和脐血血清试验	309
第二节 乙酰化处理红细胞	311
第三节 获得性 B 与单克隆抗 B 的抑制性试验	313
第四节 凝集素的制备——粗提	314
第五节 外源性凝集素的制备——蛋白纯化	315
第六节 外源性凝集素的制备——标准化试剂	316
第七节 凝聚胺凝集试验	318

第八节 酸化抗-B 的试验	319
---------------------	-----

第十八章 其他实验技术

第一节 酸溶血 (HAM) 试验	321
第二节 IgG 抗体转化为直接凝集素	323
第三节 ^{51}Cr 标记的红细胞存活研究	324
第四节 区分 IgM 和 IgG 抗体——二硫苏糖醇	327
第五节 区分 IgM 和 IgG 抗体——2-巯基乙醇	328
第六节 酶连抗球蛋白试验——定量抗-D	330
第七节 酶连直接抗球蛋白试验——剂量分析	333
第八节 聚合酶联反应 (PCR) 时血液 DNA 的提取	336
第九节 单核细胞单层室验	338
第十节 用于扫描电镜的红细胞固定	340
第十一节 蔗糖溶血试验	342

参考文献	344
------------	-----

第一章 常规方法

各实验室进行常规的 ABO 和 Rh 分型及抗体检测采用的原理和方法，不尽相同。本章介绍的方法并不是首选或唯一的技术方法。实际上，有的实验室在 ABO 分型时用抗 - AB。有的实验室抗体的检测时采用白蛋白或聚乙二醇(PEG)，或采用与低离子聚阳离子(low ionic polymer)技术相似的方法作为增强介质代替低离子强度盐(LISS)溶液法。还有的实验室采用 3 种试剂红细胞(而不是 2 种)和(或)包括自体红细胞进行检测。具体技术的选择，包括是否采用多特异性抗人球蛋白血清代替抗 - IgG，是否采用立即离心法交叉配血，由输血机构实验室主任决定。

在本章中讲述的技术方法的结果可以提示后续许多实验方法的操作。本章还包括了血清学反应的分级和评分，这是一个良好血清学操作的基础，还介绍了可以确保分级一致性的方法，以及如何分辨抗人球蛋白实验中的红细胞洗涤是否充分。

第一节 ABO 和 Rh 分型

◎原理

本实验适用于对输血前或产前检查所采标本进行人类 ABO 血型 and Rh(D) 血型检测。ABO 血型是由红细胞表面 A 和 B 抗原的存在与否及血清中抗 - A 和(或)抗 - B 的存在与否所决定的。在成人体内红细胞表面抗原和血清中的抗体之间存在互反关系：①当红细胞表面上缺失 A 抗原时，血清中存在抗 - A；②同样，当红细胞表面上缺失 B 抗原时，血清中存在抗 - B；③当红细胞表面两种抗原均缺失，血清中存在相应的抗 - A 或抗 - B。A 和 B 红细胞表面抗原采用抗 - A、抗 - B 血型试剂直接检测；血清 / 血浆中的抗 - A 和抗 - B 用已知的 A1 细胞和 B

细胞直接检测。Rh(D)血型是由红细胞表面D抗原的存在与否决定；红细胞上的D抗原采用抗-D试剂直接检测。

◎标本

自凝或抗凝全血，离心分离出血清/血浆。如果是输血前检查，并且患者近3个月内有输血史或妊娠史，或者病史不明确，必须在输血前3天内采集标本。

◎试剂和材料

- (1) 抗-A和抗-B：多克隆或单克隆。
- (2) 抗-D：单克隆(mAb) IgM型抗-D或多克隆IgG抗-D混合试剂。
- (3) 试剂红细胞：3%~5% Rh阴性A1型、B型试剂红细胞悬液。

◎质量控制

- (1) 每天用的每批试剂要达到如下反应性：

a) 抗-A试剂血清与A1型试剂红细胞凝集强度达4+ (12分)，不与B型试剂红细胞凝集。

b) 抗-B试剂血清与B型试剂红细胞凝集强度达4+ (12分)，不与A1型试剂红细胞凝集。

c) 抗-D试剂血清与Rh阳性红细胞(见《常规方法》抗体筛查实验制备的O型R1红细胞悬液)凝集强度为3+~4+ (10~12分)，不与Rh阴性红细胞(A1型试剂红细胞或B型试剂红细胞)凝集。

- (2) 所有已检标本的血型再检结果与记录相符。

(3) 实验前预计凝集反应应该 $\geq 2+$ ，而实际观察结果为弱反应，则需要进一步研究才能得到有效的结论。遇到弱凝集或正反定型不相符情况时参考《ABO定型常见问题及处理》和《常规方法》弱D检测方法。

(4) 当使用低蛋白抗-D试剂血清时，只有血清不与Rh阴性红细胞(A1型试剂红细胞或B型试剂红细胞)凝集，对Rh血型的检测才能有效。当血清与Rh阴性红细胞凝集时，使用《常规方法》弱D检测方法重新检测Rh血型。

◎实验步骤

(1) 取12×75 mm的试管，做好标记，分别加入1滴抗-A、抗-B、抗-D试剂血清。

- (2) 用玻璃吸管从待测样品中吸取大约 0.4 mL 的血清 / 血浆，分别加入 2 个标记好的 12 mm × 75 mm 试管内，每管大约 3 滴。
- (3) 配制 3%~5% 红细胞悬液（用患者血清或血浆或盐水悬浮），加 1 滴到标记好含有试剂抗血清的玻璃管里，轻轻地混匀。
- (4) 在标记好含有患者血清的玻璃管里分别加入 A1 试剂红细胞、B 试剂红细胞 1 滴，轻轻混匀。
- (5) 立即 1 000 × g 离心。
- (6) 肉眼观察每管凝集和溶血情况；进行分级并记录实验结果。

◎结果

(1) 8 种 ABO 和 Rh 血型定型的反应格局排列如表 1-1 所示：

表 1-1 ABO 和 Rh 血型反应格局

血型	正定			反定	
	被检红细胞与血型抗体			被检血清与标准红细胞 *	
血型	抗 -A	抗 -B	抗 -D	A1 型红细胞	B 型红细胞
ORh-	0	0	0	≥ 8	≥ 8
ORh+	0	0	≥ 8	≥ 8	≥ 8
ARh-	≥ 8	0	0	0	≥ 8
ARh+	≥ 8	0	≥ 8	0	≥ 8
B Rh-	0	≥ 8	0	≥ 8	0
BRh+	0	≥ 8	≥ 8	≥ 8	0
AB Rh-	≥ 8	≥ 8	0	0	0
AB Rh+†	≥ 8	≥ 8	≥ 8	0	0

* 溶血也是 ABO 血型血清检测（反定型）的阳性反应。

† 对于 AB Rh 阳性的标本，如果 Rh 血型检测中没有做红细胞自凝的质控，要采用《常规方法》弱 D 检测方法重新检测 Rh 血。

(2) 检测结果解释：

- a) 红细胞与抗 -A 试剂血清凝集，红细胞上有 A 抗原；与抗 -B 试剂血清凝集，红细胞上有 B 抗原，没有凝集意味着红细胞上无抗原或抗原弱表达。
- b) 血清与 A1 型试剂红细胞凝集或发生溶血，血清内有抗 A 抗体；与 B 型试剂红细胞凝集或发生溶血，血清内有抗 B 抗体；无凝集或未溶血意味着血清内无抗体或抗体减弱。

c) 红细胞与抗-D 试剂血清凝集, 红细胞上有 D 抗原为 Rh 阳性; 没有凝集表示红细胞无 D 抗原或抗原弱表达; 红细胞与抗-D 不发生直接凝集, 被认定为 Rh 阴性, 除非用一种更敏感的方法检测出 D 抗原。检测弱 D 可以采用常规方法中 Du 型的检测方法。

(3) 当红细胞上存在 A 抗原, 血清 / 血浆中就不会存在抗-A 抗体, 当红细胞上存在 B 抗原, 血清 / 血浆中就不会存在抗-B 抗体。

(4) 除了婴幼儿, 只要红细胞缺失 A 抗原, 血清 / 血浆中就应该存在抗-A 抗体; 同样, 只要红细胞缺失 B 抗原, 血清 / 血浆中就应该存在抗-B 抗体。

◎注意事项

(1) 常规输血前检查或产前检查可选择抗-AB 试剂。使用多克隆试剂来检测 A 亚型献血者 (特别是 A_x) 的血样时, 也会使用抗-AB。大多数单克隆抗体抗-A 可以检测到 A_x 亚型。

(2) 以下情况可能导致 ABO 定型结果正反定型不符: 试剂储存不当; 技术操作有误, 使用错误的试剂, 漏加抗血清或患者血清; 使用沾染了细菌、异物, 混入其他试剂的抗血清; 离心不当; 血清中存在干扰反应的自身抗体或红细胞已被自身抗体致敏; 弱抗原的表达; 抗-A 和抗-B 减弱或缺失; 获得性 B 现象; B(A) 型; 试剂抗血清中存在额外抗体, 特别是针对低频抗原的抗体; 多凝集红细胞; 待测样品中存在异常的血清蛋白, 导致红细胞出现串钱状凝集; 待检血清中存在针对试剂成分的抗体; 血清中存在同种抗体。必须解决正反定型结果不符, 才能得到血型的确切结果 (《ABO 定型常见问题及处理》中进一步分析和解决这些问题)。

第二节 抗体筛查试验

◎原理

针对红细胞抗原的抗体可能导致红细胞直接凝集或溶血, 或者红细胞被抗体球蛋白 (例如 IgG 抗体, C3) 包被。红细胞血清混合后离心可以观察到直接

凝集和（或）溶血。应用低离子强度盐（LISS）溶液技术低离子浓度环境可以加速抗体包被。在 LISS 液的存在下红细胞与血清 / 血浆于 37℃ 孵育，洗去未结合的球蛋白，加入抗人球蛋白试剂（AHG）出现凝集表明红细胞已包被球蛋白。本方法适用于输血前或产前检测具有临床意义的不规则抗体。

◎标本

血清或血浆：如果是输血前检查，患者近 3 个月内有输血史或妊娠史，或者病史不明的，必须在输血前 3 天内采集标本。

◎试剂和材料

（1）抗人球蛋白试剂（AHG）：多为特异性或单克隆抗 -IgG 抗体。

（2）6% 牛血清白蛋白（BSA）：22% 的 BSA 2.7 mL，生理盐水 7.3 mL；或 30% 的 BSA 2 mL，生理盐水 8 mL。添加吐温 -20 配成 0.1% 的终浓度。

（3）稀释的抗 -C 和抗 -E：商品化的抗 -C 和抗 -E 用 6% 的牛血清白蛋白（BSA）稀释。稀释后的抗 -C 和抗 -E 应该与 O 型 R1R1 和 R2R2 红细胞反应分别达 2+ 凝集强度。

（4）IgG 包被的红细胞：使用商品化试剂。

（5）低离子强度盐（LISS）溶液：使用商品化试剂。

（6）红细胞悬液：同源表型 O 型 R1R1 和 R2R2 红细胞标本，用 LISS 液洗一遍并稀释配成 2% 的悬液，6 h 内使用。

◎质量控制

（1）每天在用的每批试剂要有如下反应性：

a）稀释的抗 -C 试剂血清与 R1R1 红细胞反应，而不与 R2R2 红细胞反应。

b）稀释的抗 -E 试剂血清与 R2R2 红细胞反应，而不与 R1R1 红细胞反应。

（2）阴性反应用 IgG 包被的红细胞验证。

◎实验步骤

（1）取 2 滴待检血清 / 血浆分别加入 2 个标记好的 12 mm × 75 mm 试管中。

（2）取 1 管加入 2 滴 R1R1 红细胞悬液；同样，另一管加入 R2R2 红细胞悬液。

（3）混匀，37℃ 孵育 10 min。

(4) $1\,000\times g$ 离心。

(5) 肉眼观察红细胞凝集和溶血情况，判断并记录结果。

(6) 红细胞用生理盐水洗 4 遍，最后一次洗涤倒尽上清。

(7) 获得干的红细胞扣，根据试剂说明加入 AHG。

(8) $1\,000\times g$ 离心。

(9) 肉眼观察红细胞凝集情况，判断并记录结果。

(10) 在无凝集反应的试管内加入 IgG 包被的红细胞，重新离心并肉眼观察混合视野凝集情况，当与 IgG 包被的红细胞无反应时重复上述实验。

◎结果

(1) 上述步骤 (5) 发生红细胞凝集或溶血，或步骤 (9) 发生红细胞凝集说明待检标本中可能存在不规则抗体。

(2) 在上述任一步骤均未发生凝集或溶血，且步骤 (10) 加入 IgG 包被的红细胞出现凝集，说明无不规则抗体的存在。

◎注意事项

(1) 输血前检测不规则抗体的红细胞必须携带以下抗原：D, C, c, E, e, K, k, Fy^a , Fy^b , Jk^a , Jk^b , Le^a , Le^b , M, N, S, s, P1。

(2) 采用统一口径的玻璃吸液管，吸取血清和红细胞悬液，确保血清 / 血浆和试剂红细胞等体积加入。

(3) 分析所有阳性结果（参阅《抗体鉴定方法》）。

(4) 如果使用抗 -IgG，要有一种试剂红细胞为 $Jk^{(a+b-)}$ 。

(5) 结果错误的原因可能是：试剂储存不当；技术操作有误，包括没有加入等体积的血清和 LISS 液悬浮红细胞，使用错误的试剂；漏加试剂或患者血清；使用污染了细菌，异物，混入其他试剂或人血清的抗 IgG；离心不当；红细胞洗涤不充分，残有未结合的球蛋白；未加入有效的 AHG。