

兰州地区献血人群人细小病毒 B19 感染状况调查和基因型分析

吴康乐¹, 王玮蓉¹, 杨树龙¹, 冯惟萍¹, 潘登¹, 郭逸², 张支凤¹ (1. 甘肃省红十字血液中心, 兰州 730046; 2. 陕西省血液中心, 西安 710061)

摘要: **目的** 调查兰州地区献血人群中人细小病毒 B19 (B19) 的感染状况并分析其基因型特征, 为指导制定献血人群 B19 筛查策略提供依据。 **方法** 通过实时荧光定量 PCR 法 (qRT-PCR) 对 2023 年 4 ~ 10 月兰州地区 5 722 例献血者样本进行 B19 DNA 筛查, 同步酶联免疫法筛查 B19 IgG 和 B19 IgM 抗体 383 份, 对 B19 DNA 阳性样本进行病毒载量测定和 VP1 序列测序, 运用 N-J 法构建进化树。 **结果** 兰州地区 B19 DNA, IgG 抗体和 IgM 抗体的阳性率分别为 0.47% (27/5 722), 25.59% (98/383) 和 0.26% (1/383), 三者均呈阳性的样本占 0.26% (1/383), 仅 B19 DNA 阳性占 0.52% (2/383), IgG 抗体阳性占 19.06% (73/383), 二者均阳性占 6.27% (24/383); 病毒载量为 4.24 IU/ml ~ 5.67 × 10² IU/ml, 且所有样本均低于 10⁴ IU/ml。 B19 DNA 阳性率在性别方面差异无统计学意义 ($\chi^2=0.86$, $P=0.35$), 而在年龄组方面差异具有统计学意义 ($\chi^2=8.00$, $P=0.02$); B19 IgG 抗体阳性率在性别方面差异具有统计学意义 ($\chi^2=5.03$, $P=0.02$), 而在年龄组方面差异无统计学意义 ($\chi^2=0.51$, $P=0.77$); B19 IgM 抗体阳性率在性别方面差异无统计学意义 ($\chi^2=2.84$, $P=0.09$)。以 VP1 序列构建系统进化树并分析表明, 兰州地区的 B19 毒株形成了一个独立的支系, 属于基因型 1, 且以基因型 1b 为主。 **结论** 兰州地区献血人群 B19 DNA 和 IgM 抗体阳性率低, 病毒载量亦较低, 输血感染 B19 的风险较小。而 B19 IgG 抗体阳性率较高, 建议密切关注该地区 B19 感染情况, 定期监测献血人群 B19 感染率, 并追踪 B19 DNA 阳性献血者至受血者的情况, 保障临床输血安全。

关键词: 献血人群; 人细小病毒 B19; 基因型; 兰州地区

中图分类号: R373.1; Q786 **文献标志码:** A **文章编号:** 1671-7414 (2025) 02-059-05

doi:10.3969/j.issn.1671-7414.2025.02.011

Prevalence and Phylogenetic Analysis of Human Parvovirus B19 among Blood Donors in Lanzhou

WU Kangle¹, WANG Weirong¹, YANG Shulong¹, FENG Weiping¹, PAN Deng¹, GUO Yi², ZHANG Zhifeng¹ (1. Gansu Red Cross Blood Center, Lanzhou 730046, China; 2. Shaanxi Blood Center, Xi'an 710061, China)

Abstract: **Objective** To examine the serological and molecular prevalence as well as genotype characteristics of human Parvovirus B19 blood donors in Lanzhou, and to provide evidence for developing a screening strategy to reduce the risk of blood transfusion transmission. **Methods** A total of 5 722 blood samples collected from Lanzhou blood donors from April 2023 to October 2023 were tested for B19 DNA using real-time quantitative PCR (qRT-PCR). Additionally, 383 samples were screened for anti-B19 IgG and anti-B19 IgM using synchronous enzyme-linked immunoassay (ELISA). Viral load and VP1 sequencing were conducted on the B19 DNA-positive samples and the Neighbor-Joining (N-J) method was used to construct an evolutionary tree for the sequenced samples. **Results** The prevalence of human Parvovirus B19 DNA, IgG antibody and IgM antibody was 0.47% (27/5 722), 25.59% (98/383) and 0.26% (1/383), respectively, and the samples positive for B19 DNA, IgG antibody and IgM antibody were 0.26% (1/383). The co-positivity rate for B19 DNA and IgG antibody was 6.27% (24/383), while the positivity rates for B19 DNA or IgG antibody alone were 0.52% (2/383) and 19.06% (73/383), respectively. Viral loads ranged from 4.24 IU/ml to 5.67 × 10² IU/ml, all below 10⁴ IU/ml. There was no statistical significance in the positive rate of B19 DNA in gender ($\chi^2=0.86$, $P=0.35$), but there was statistical significance in the positive rate of B19 DNA among all age groups ($\chi^2=8.00$, $P=0.02$). The highest positive rate of B19 DNA was 0.65% in the 18 ~ 30 age group. There was statistical significance in the positive rate of B19 IgG antibody in gender ($\chi^2=5.03$, $P=0.02$), but there was no statistical significance in the positive rate of B19 IgG antibody among all age groups ($\chi^2=0.51$, $P=0.77$). The highest positive rate of B19 IgG antibody was 29.09%

基金项目: 甘肃省卫生健康行业科研计划项目 (GSWSKY2020-26)。

作者简介: 吴康乐 (1984-), 男, 硕士, 主管技师, 研究方向: 血液筛查及实验室管理, E-mail: my1242@126.com。

通讯作者: 郭逸 (1984-), 男, 硕士, 主管技师, 研究方向: 输血技术与血液病毒检测研究, E-mail: guoyi1221@163.com。

张支凤 (1964-), 男, 主任技师, 研究方向: 血站实验室质量管理, E-mail: 1213113606@qq.com, 共同通讯作者。

in the age group of 41 to 60. There was no significant difference in the positive rate of B19 IgM antibody in gender ($\chi^2=2.84$, $P=0.09$). The highest positive rate of B19 IgM was 3.85% in the age group of 18 ~ 30 years old. Based on the VP1 sequence, the phylogenetic tree revealed that B19 strains in Lanzhou formed a distinct cladistic lineage within genotype 1, predominantly represented by genotype 1b. **Conclusion** The prevalence of B19 DNA and IgM antibodies among blood donors in the Lanzhou area is low, and so is the viral load. Therefore the risk of transmitting B19 through blood transfusion is relatively small. Since the prevalence of B19 IgG antibody is high, it is suggested to closely monitor the transmission situation in the area, regularly monitor the prevalence of B19 among blood donors, and track the situation of B19 DNA-positive blood donors to recipients to ensure the safety of clinical blood transfusion.

Keywords: blood donors; human *Parvovirus* B19 (B19); genotype; Lanzhou area

人细小病毒 B19 (human *Parvovirus* B19, B19) 是一种无囊膜的单链 DNA 病毒, 可通过呼吸道、血液及血液制品等途径传播。感染 B19 后不同年龄和免疫状态的人群表现出不同的临床症状^[1-3]。基于 Meta 分析我国献血人群中 B19 感染情况, 表明 B19 DNA, IgG 和 IgM 抗体阳性率分别为 0.4% ~ 2.4%, 28.2% ~ 39.4% 和 1.7% ~ 4.3%, 且以基因型 1 为主, 病毒载量为 $5.58 \times 10^2 \sim 7.24 \times 10^4$ IU/ml^[4-10]。然而, 兰州地区献血人群的 B19 感染率、病毒载量和基因型尚未有研究或文献报道。本研究调查了兰州地区献血人群中 B19 的感染率, 并构建其基因树进行分析, 填补该地区在此领域研究的空白, 也将为是否无偿献血人群中常规开展 B19 筛查提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 研究对象 随机选取 5 722 例于 2023 年 4 ~ 10 月在甘肃省红十字血液中心的献血者血液样本作为研究对象, 所有献血者在献血时均已签署献血知情同意书, 且本研究经过甘肃省红十字血液中心伦理委员会审查 (批准号: GSSXYZX-2020-LL001)。

1.2 仪器与试剂 核酸提取仪 (HAMILTON STAR, 瑞士); 7500 实时荧光定量 PCR 仪 (ABI, 美国); 加样和检测设备分别为 STAR 和 FAME24/20 (澳斯邦)。B19 IgG 抗体酶联免疫法检测试剂盒, B19 IgM 抗体酶联免疫法检测试剂盒 (批号: 202303002, 202301001, 北京新兴四寰生物技术有限公司); B19 核酸测定试剂盒 (PCR- 荧光探针法, 批号: 20230301, 上海科华生物工程股份有限公司); 血液基因组 DNA 提取试剂盒 [批号: X1118, 天根生化 (北京) 有限公司]; 测序试剂 (上海科华生物工程股份有限公司), 所有试剂均在有效期内。

1.3 方法

1.3.1 实时荧光定量 PCR 法检测 B19 DNA: 将核酸检测样本按照 6 混 1 的方法进行汇集 (即每 6 个样本为一个 pool, 每个 pool 为 1 000 μ l), 每个 pool 中加入 30 μ l 内标, 使用自动化 STAR 取 10 μ l 提取模板, 加入 20 μ l B19 反应液 MIX, 转至 ABI7500 扩增。对结果阳性 pool 进行拆分, 拆分时每个样本取 1 000 μ l,

每个拆分管中同样加入 30 μ l 内标, 其余步骤同上。扩增序列: F: 5'-CCCCTGTGGCCCATTTTCAAG-3', R: 5'-GTAGACACTGAGTTTACTA-3'。扩增条件, 第一阶段: UNG 酶反应 - 预变性执行 1 cycle, UNG 酶反应: 25 $^{\circ}$ C 5min, 预变性: 95 $^{\circ}$ C 2min; 第二阶段: 变性 - 退火 - 延伸执行 5 cycle, 变性: 95 $^{\circ}$ C 10s, 退火: 55 $^{\circ}$ C 20s, 延伸: 72 $^{\circ}$ C 20s; 第三阶段: 变性 - 扩增、检测执行 5 cycle, 变性: 95 $^{\circ}$ C 10s, 扩增、检测: 60 $^{\circ}$ C 45s。后续操作步骤按照 B19 核酸测定试剂盒说明书进行操作和结果判读。

1.3.2 酶联免疫法检测 B19 IgG 抗体和 IgM 抗体: 将样本置室温平衡后使用, 采用酶联免疫吸附法检测 B19 IgG 和 IgM 抗体, 具体操作和结果判读严格按照说明书进行。

1.3.3 B19 测序及系统进化树的构建: 实时荧光定量 PCR 阳性样本进行 DNA 提取, 取 400 μ l EDTA-K₂ 的样本按照天根生化 (北京) 有限公司提供的血液基因组 DNA 提取试剂盒说明书进行提取, 测定提取物的浓度和纯度。完毕后, 送上海科华生物工程股份有限公司进行 B19 测序和病毒载量测定, 测序区域为 928bp 的 VP1。

测序成功的序列在 NCBI BLAST 搜索相似度, 找到符合物种的序列。Au 菌株 (Genbank 号: M13178.1) 和 Vn147 菌株 (Genbank 号: DQ357064.1) 分别是 B19 基因型 1a 和 1b 的参考序列; A6 菌株 (Genbank 号: AY064476.1) 和 Lali 菌株 (Genbank 号: AY044266.2) 是 B19 基因型 2 的参考序列; V9 菌株 (Genbank 号: AJ249437.1) 和 D91.1 菌株 (Genbank 号: AY083234.1) 分别是 B19 基因型 3a 和 3b 的参考序列^[7-8]。使用 MEGA11.0 软件进行比对和进化树构建, 选择 “Align” 程序, 参数为 Kimura 2 模式, 其余参数保持默认设置, 然后在 “Phylogeny” 中选择 “Construct/Test Neighbor-Joining Tree” 模式构建系统进化树, Bootstraps 值设定为 1 000, 其余参数保持默认设置。

1.4 统计学分析 采用 SPSS25.0 统计学软件处理数据。B19 DNA 阳性等计数资料以 $n(\%)$ 表示, 组

间比较采用 χ^2 检验。 $P<0.05$ 为差异具有统计学意义。

2 结果

2.1 兰州地区献血人群 B19 筛查情况 兰州地区献血人群 5 722 例样本进行 B19 DNA 筛查，阳性率为 0.47%（27/5 722）。同时，对 383 例样本进行了 B19 IgG 抗体和 IgM 抗体的筛查，阳性率分别为 25.59%（98/383）和 0.26%（1/383）。

2.2 献血人群 B19 DNA，B19 IgG 和 IgM 抗体与性别、年龄关系分析 见表 1。兰州地区献血人群中，B19 DNA 阳性率在性别方面差异无统计学意

义（ $\chi^2=0.86$ ， $P=0.35$ ），但在各年龄组间差异具有统计学意义（ $\chi^2=8.00$ ， $P=0.02$ ），其中 18~30 岁年龄组阳性率最高，为 0.65%；B19 IgG 抗体阳性率在性别方面差异具有统计学意义（ $\chi^2=5.03$ ， $P=0.02$ ），但在各年龄组间差异无统计学意义（ $\chi^2=0.51$ ， $P=0.77$ ），其中 41~60 岁年龄组阳性率最高，为 29.09%；B19 IgM 抗体阳性率在性别方面差异无统计学意义（ $\chi^2=2.84$ ， $P=0.09$ ），18~30 岁年龄组阳性率最高，为 3.85%。

表 1 献血人群不同性别和年龄 B19 DNA，B19 IgG 和 IgM 抗体检出情况比较 [n (%)]

类别		n	B19 DNA 阳性数	χ^2	P	n	B19 血清标志物					
							IgG 阳性数	χ^2	P	IgM 阳性数	χ^2	P
性别	男	4 064	17 (0.42)	0.86	0.35	283	64(22.61)			0(0.00)		
	女	1 658	10 (0.60)			100	34(34.00)			1(10.00)		
年龄	18~30	3 831	25 (0.65)	8.00	0.02	260	66(25.38)			1(3.85)		
	31~40	1 101	1 (0.09)			68	16(23.53)			0(0.00)		
	41~60	790	1 (0.13)			55	16(29.09)			0(0.00)		
	合计	5 722	27 (0.47)			383	98(25.59)			1(0.26)		

2.3 B19 DNA，IgG 抗体和 IgM 抗体三项阳性组合情况 B19 DNA，IgG 抗体和 IgM 抗体三项均阳性占 0.26%（1/383），B19 DNA 和 IgG 抗体两项阳性占 6.27%（24/383），仅 B19 DNA 或 IgG 抗体阳性占 0.52%（2/383）或 19.06%（73/383）。

2.4 27 例 B19 DNA 阳性人群检测情况 27 例 B19 DNA 阳性人群中男性占 62.96%（17/27），女性占 37.04%（10/27）；18 ~ 30 岁占 92.59%（25/27），31 ~ 60 岁占 7.41%（2/27）；初次献血占 55.56%（15/27），重复献血占 44.44%（12/27）。B19 IgM 抗体阳性占 3.70%（1/27），B19 IgM 抗体阴性占 96.30%（26/27）。B19 IgG 抗体阳性占 92.59%（25/27），B19 IgG 抗体阴性占 7.41%（2/27）。病毒载量为 4.24IU/ml ~ 5.67 × 10² IU/ml。

2.5 VP1 序列构建系统进化树 见图 1。通过已报道的 20 条 B19 的序列作为参考序列与本次获得的 4 条序列共同构建系统进化树。图 1 表明，兰州地区献血者 B19 基因型为基因型 1，基因亚型为 1a 和 1b，分别占 25%（1/4）和 75%（3/4）。

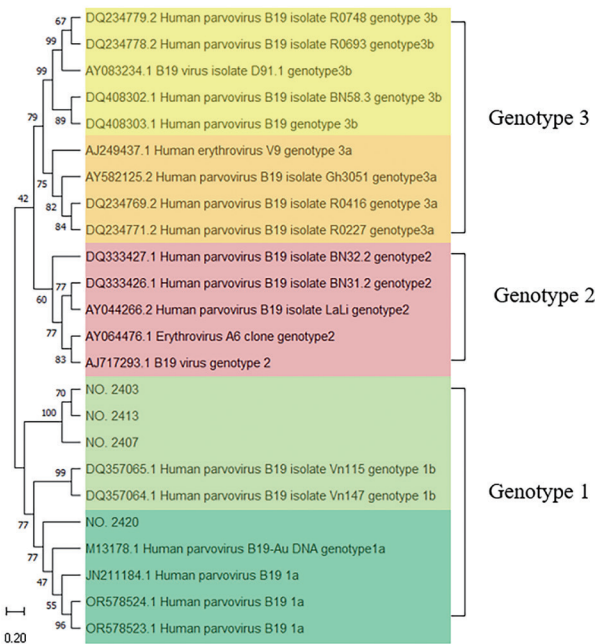


图 1 基于 VP1 基因构建 B19 系统进化树

3 讨论

个体感染 B19 后可引起多种并发症,而对献血人群进行 B19 感染情况筛查,有助于了解该地区该疾病的流行情况,为其公共卫生防控提供理论数据参考。值得一提的是,为确保输血安全,血液和血液制品通常采用溶剂/洗涤剂应用和过滤方法进行病毒灭活处理,然而,这些方法对于 B19 这种无包膜病毒的去除效果似乎不佳^[11],故需通过检测试剂筛查方式选择捐献者。

国内不同区域献血人群中 B19 感染率亦有差异,有文献报道 B19 IgG 抗体阳性率佛山为 25%^[12],广东瑶族为 29.26%^[13],这与本研究发现的兰州地区献血人群中 B19 IgG 抗体阳性率为 25.59% 基本一致,然而,重庆^[14]、山东济宁^[15]、河南商丘^[16]献血人群中 B19 IgG 抗体阳性率则分别为 36.69%, 36.15% 和 7.35%。此外,本研究发现兰州地区献血人群中 B19 IgM 抗体阳性率为 0.26%,这低于国内报道的 2.7%^[9]。献血人群中 B19 血清阳性率存在差异,这可能与所用诊断方法的敏感度、季节变化、流行的 B19 病毒基因型,以及研究人群的年龄和性别特征等因素相关。

本研究发现, B19 IgG 抗体阳性率在性别方面差异具有统计学意义($\chi^2=5.03$, $P=0.02$),这与美国、巴西和台湾地区此方面的研究结果相同^[3],但也有研究表示在性别方面差异无统计学意义^[14]。有研究表明 B19 IgG 抗体阳性率随着年龄的增长而升高^[3],这也与本研究结果一致。同时,本研究还观察到 18~40 岁年龄组阳性率最低,为 25.00% (82/328),由于此年龄组是献血的主力军,也更容易成为定期献血者,因此应引起高度关注,并在献血后进行有针对性的筛查。

诊断是否感染 B19 通常使用 ELISA 方法检测其 IgG 和 IgM 抗体,但通过检测 B19 DNA 更有助于确定感染的阶段^[3]。因此,将 qRT-PCR 法与血清学检测相结合用于 B19 诊断,可更好地区分近期感染或既往感染。本研究筛查的兰州地区 5 722 例献血者样本,其中 27 例呈 B19 DNA 阳性,这表明献血人群中存在近期 B19 感染,阳性率为 0.47% (27/5 722),包含于国内报道的 0.149% ~ 0.7%^[5,9-10] 范围,这也反映了中国人群 B19 流行率的普遍特征。另外,1 例 B19 DNA 阳性献血者同时检测到 IgM 抗体和 IgG 抗体 (3.70%),表明该献血者在献血前已感染 B19,现处于恢复期。

本研究对 27 例 B19 DNA 阳性人群的分析发现, B19 DNA 阳性率男性高于女性,低年龄组 (18 ~ 30 岁) 高于高年龄组 (31 ~ 60 岁),初次献血者高于重复献血者。类似的报道在献血人群隐匿性乙型

肝炎病毒感染也有^[17-18], B19 与乙肝病毒的流行率是否有一定的关联性? 目前献血人群中常规 HBsAg 的筛查是否会减少 B19 的传播? 这些问题提醒我们应关注 B19 DNA 阳性人群特征,为今后是否在献血人群中筛查 B19 提供理论参考。

有研究显示中国献血人群 B19 DNA 病毒载量为 $5.58 \times 10^2 \sim 7.24 \times 10^4$ IU/ml^[5],而本文研究发现兰州地区献血人群 B19 DNA 病毒载量为 4.24 IU/ml ~ 5.67×10^2 IU/ml。为保证输血安全,德国、日本已将 B19 检测纳入血细胞检测筛查方案^[5],而我国尚未执行。尽管 B19 在中国献血人群中的阳性率较低,而且感染者的病毒载量普遍不高,但风险依然存在。特别是对于免疫功能受损或较弱的受血者仍有感染致病风险,需要进行有意义的随访和调查研究^[5]。

B19 基因型依据彼此之间 2% ~ 13% 基因差异可分为三种,即基因型 1, 2 和 3。北美洲、非洲、南美洲以及欧洲等地域主要流行基因型 1, 少见基因型 2 和 3, 而亚洲主要流行基因型 1, 基因型 2 和 3 偶有报道^[19]。这说明基因型 1 在全球占主导地位,这种地理区域间的基因型分布差异可能与人群迁徙、病毒传播途径以及地理环境因素相关^[20]。有研究报道 2023 年以色列暴发 B19 以基因型 1a 为主,且与以往基因型不同^[21],而我国研究发现 B19 在国内流行株也是基因型 1a^[5,9,17]。尽管如此,本文研究发现,兰州地区献血人群中 B19 的流行株以基因型 1b 为主,基因型 1a 次之,这与上述研究结果稍有不同,说明 B19 的基因型也在不断发生着变异,不同地域间也会存在差异。为控制 B19 人与人之间传播,保证临床输血安全,建议西北地区的疾控部门对所辖区域 B19 的流行情况及其潜在风险加大关注,同时定期监测献血人群 B19 流行率,明确筛查人群特征,靶向筛查。

综上所述,兰州地区献血人群中 B19 流行率低,病毒载量亦较低,流行的基因型以 1b 型为主,1a 次之。建议密切关注该地区 B19 流行情况,特别是定期监测献血人群中 B19 的感染率,并追踪 B19 DNA 阳性献血者至受血者的情况。本研究同时存在一些不足,如样本量偏小,缺少对受血者的追踪及明确传播途径的研究,将在后续研究中注意改进。

参考文献:

- [1] GUO Junshuang, WANG Yating, ZHANG Mian, et al. Human Parvovirus B19 infection in hospitalized patients suspected of infection with pathogenic microorganism [J]. *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*, 2022, 12: 1083839.
- [2] RUSSCHER A, VAN BOVEN M, BENINCÀ E, et al. Changing epidemiology of Parvovirus B19 in the

- Netherlands since 1990, including its re-emergence after the COVID-19 pandemic [J]. *Scientific Reports*, 2024, 14(1): 9630.
- [3] ABDELRAHMAN D, AL-SADEQ D W, SMATTI M K, et al. Prevalence and phylogenetic analysis of *Parvovirus* (B19) among blood donors with different nationalities residing in Qatar[J]. *Viruses*, 2021, 13(4): 540.
- [4] FARAHMAND M, TAVAKOLI A, GHORBANI S, et al. Molecular and serological markers of human *Parvovirus* B19 infection in blood donors: a systematic review and meta-analysis[J]. *Asian Journal of Transfusion Science*, 2021, 15(2): 212-222.
- [5] MENGYI Zhao, YUHUI Li, ZHAN Gao, et al. Plasma metagenomics reveals regional variations of emerging and re-emerging pathogens in Chinese blood donors with an emphasis on human *Parvovirus* B19 [J]. *One Health*, 2023, 17: 100602.
- [6] 李凯, 李相新, 文海军, 等. 2016-2018年广东省佛山地区育龄妇女细小病毒 B19 的感染情况分析 [J]. 现代检验医学杂志, 2020, 35(3): 120-122.
LI Kai, LI Xiangxin, WEN Haijun, et al. Analysis of *Parvovirus* B19 infection in women of childbearing age in Foshan of Guangdong from 2016 to 2018 [J]. *Journal of Modern Laboratory Medicine*, 2020, 35(3): 120-122.
- [7] ADAMO M P, BLANCO S, VIALE F, et al. Human *Parvovirus* B19 frequency among blood donors after an epidemic outbreak: relevance of the epidemiological scenario for transfusion medicine[J]. *Heliyon*, 2020, 6(5): e03869.
- [8] KESHAVARZ M, JANATI-NAMIN N, ARJEINI Y, et al. Prevalence and genotypic characterization of human *Parvovirus* B19 in hemophilia patients [J]. *Iranian Journal of Microbiology*, 2022, 14(4): 568-573.
- [9] LI Xin, LIN Zheng, LIU Jiayan, et al. Overall prevalence of human *Parvovirus* B19 among blood donors in mainland China: a PRISMA-compliant meta-analysis[J]. *Medicine*, 2020, 99(17): e19832.
- [10] SUN Pan, JIANG Peng, LIU Qing, et al. *Parvovirus* B19 DNA and antibodies in Chinese plasma donors, plasma pools and plasma derivatives [J]. *PeerJ*, 2023, 11: e15698.
- [11] WILLIAMS S, RATCLIFF J, NGUYEN D, et al. Detection frequencies and viral load distribution of *Parvovirus* B19 DNA in blood and plasma donations in England [J]. *Transfusion Medicine*, 2022, 32(5): 402-409.
- [12] 严军雄, 伍伟健, 周健欣, 等. 佛山地区无偿献血人群人细小病毒 B19 感染情况分析 [J]. 国际检验医学杂志, 2016, 37(8): 1039-1040, 1043.
YAN Junxiong, WU Weijian, ZHOU Jianxin, et al. Human *Parvovirus* B19 detection in voluntary blood donors of Foshan city [J]. *International Journal of Laboratory Medicine*, 2016, 37(8): 1039-1040, 1043.
- [13] 喻红玲, 梁伟文, 刘运保, 等. 瑶族无偿献血者血液肝炎病毒与人细小病毒 B19 感染研究 [J]. 临床血液学杂志 (输血与检验), 2015, 28(8): 718-720.
YU Hongling, LIANG Weiwen, LIU Yunbao, et al. Research on infection of blood transmission related to hepatitis virus and human *Parvovirus* B19 among blood donors of Yao nationality [J]. *Journal of Clinical Hematology (Blood Transfusion & Laboratory Medicine)*, 2015, 28(8): 718-720.
- [14] 秦伟斐, 廖红梅, 谭茜茜, 等. 重庆市无偿献血者人细小病毒 B19 的感染状况研究 [J]. 重庆医学, 2015, 44(35): 4968-4971.
QIN Weifei, LIAO Hongmei, TAN Qianqian, et al. Study on the infection status of human *Parvovirus* B19 among unpaid blood donors in Chongqing [J]. *Chongqing Medicine*, 2015, 44(35): 4968-4971.
- [15] 王志效, 周贝贝, 张娜, 等. 济宁地区无偿献血者人细小病毒 B19 感染的相关研究 [J]. 公共卫生与预防医学, 2015, 26(3): 4-7.
WANG Zhixiao, ZHOU Beibei, ZHANG Na, et al. Research on human *Parvovirus* B19 infection among blood donors in Jining [J]. *Journal of Public Health and Preventive Medicine*, 2015, 26(3): 4-7.
- [16] 王子文, 齐静雯. 71 693 份无偿献血者 HIV- 抗体、HBsAg, HPV B19 IgM/IgG 检测及其与 ABO 血型的相关性研究 [J]. 中国卫生检验杂志, 2023, 33(10): 1268-1272, 1276.
WANG Ziwen, QI Jingwen. Detection of HIV antibody, HBsAg, HPV B19 IgM/IgG in 71 693 blood samples from voluntary blood donors and their correlation with ABO blood group [J]. *Chinese Journal of Health Laboratory Technology*, 2023, 33(10): 1268-1272, 1276.
- [17] 刘丽华, 叶贤林, 程丽娜, 等. 广东省河源地区献血人群隐匿性乙型肝炎病毒感染的血清学及分子生物学特征分析 [J]. 现代检验医学杂志, 2020, 35(4): 32-36, 74.
LIU Lihua, YE Xianlin, CHENG Li'na, et al. Analysis of serological and molecular characterization of occult hepatitis B virus infection among blood donors in Heyuan, Guangdong [J]. *Journal of Modern Laboratory Medicine*, 2020, 35(4): 32-36, 74.
- [18] 郭燕, 贺晨, 段勇, 等. 无偿献血者 ALT 水平异常与 HBI, OBI, HCl 和 OCI 的相关性研究 [J]. 现代检验医学杂志, 2020, 35(2): 18-21.
GUO Yan, HE Chen, DUAN Yong, et al. Investigating the correlation of abnormal ALT level and HBI, OBI, HCl, OCI in volunteer blood donors [J]. *Journal of Modern Laboratory Medicine*, 2020, 35(2): 18-21.
- [19] JAIN A, KANT R. Genotypes of erythrovirus B19, their geographical distribution & circulation in cases with various clinical manifestations [J]. *Indian Journal of Medical Research*, 2018, 147(3): 239-247.
- [20] BICHICCHI F, GUGLIETTA N, ROCHA ALVES A D, et al. Next generation sequencing for the analysis of *Parvovirus* B19 genomic diversity [J]. *Viruses*, 2023, 15(1): 217.
- [21] MOR O, WAX M, ARAMI S S, et al. *Parvovirus* B19 outbreak in Israel: retrospective molecular analysis from 2010 to 2023 [J]. *Viruses*, 2024, 16(3): 480.