· 专家共识 ·

无偿献血全血间隔期调整的专家共识

无偿献血全血间隔期调整的专家共识编写组

摘要:无偿献血是临床用血安全的基石。面对人口结构转型与医疗需求增长带来的血液供应压力,科学设定全血献血间隔期成为提升血液供应能力的关键方向。我国现行 6 个月的全血献血间隔期标准与国际主流实践存在差异。本共识依据《世界卫生组织指南制定手册》,系统检索并评价全血献血间隔期相关证据,采用 GRADE(Grading of Recommendations Assessment, Development and Evaluation)方法评价证据质量,并通过改良德尔菲法开展专家咨询,形成共识推荐意见;基于生理学证据与循证研究,系统评估了缩短间隔期对献血者健康、血液质量及受血者安全的影响,以及其对血液供应量可能的贡献。推荐在完善健康监测的前提下,将全血献血间隔期调整为 3 个月,可在保障安全的同时有效提升血液供应,为我国献血政策的优化提供循证依据。

关键词:献血间隔期;献血频率;血液质量;血液供应;献血者健康;专家共识

中图分类号:R457.1 R197.6 R193.3 **文献标识码**:A **文章编号**:1004-549X(2026)9-1157-11

DOI:10.13303/j.cjbt.issn.1004-549x.2026.09.003

Expert consensus on the adjustment of whole blood donation interval for voluntary blood donation

Expert Consensus Writing Group of Adjustment of Whole Blood Donation Interval for Voluntary Blood Donations

Abstract: Voluntary blood donation is the cornerstone of safe clinical blood use. In the context of demographic transition and growing healthcare demand, scientifically determining an appropriate whole blood donation interval has become an important strategy for enhancing blood supply capacity. The current 6-month interval for whole blood donation in China differs from prevailing international practices. Based on the WHO Handbook for Guideline Development, this consensus systematically reviewed and evaluated the evidence on whole blood donation intervals, assessed the quality of evidence using the Grading of Recommendations Assessment, Development and Evaluation (GRADE) approach, and conducted expert consultation using a modified Delphi method to develop consensus recommendations. Drawing on physiological evidence and findings from evidence-based studies, the consensus systematically evaluated the effects of shortening the donation interval on donor health, blood quality, and recipient safety, as well as its potential contribution to blood supply. It is recommended that, with strengthened health monitoring, the whole blood donation interval be reduced to 3 months, which can effectively enhance blood supply while ensuring safety, thereby providing an evidence-based basis for optimizing blood donation policies in China.

Key words: blood donation interval; donation frequency; blood quality; blood supply; donor health; expert consensus

无偿献血是保障临床用血安全与可及的基石。然而,随着我国社会人口结构转型与医疗需求持续增长[1],血液供应面临日益严峻的长期压力。研究表明,我国血液需求预计将持续上升,而采血量的增长将难以完全匹配需求的增速,血液供应缺口可能进一步扩大。与此同时,严格的献血者健康标准与变化的人口结构,对维持和扩大稳定的献血者队伍构成了挑战[2]。在此背景下,优化献血政策参数,充分挖掘现有献血人群的潜力,已成为输血医学领域一项紧迫而重要的课题。

全血献血间隔期,作为直接调控献血频率和血液采集量的核心政策杠杆,其设定的科学性至关重要。我国现行的全血献血间隔期标准主要依据 1998 年颁布的《中华人民共和国献血法》,规定两次全血采集间隔不得少于 6 个月。此标准在保障献血者安全方面发挥了历史性作用。然而,近些年

基金项目:基地平台建设项目(医科院重点实验室)(2018PT32016)

并列执笔人简介:王陈赢(2001-),女,硕士研究生在读,Email:wangchenying0624@163.com;胡雨薇(1999-),女,博士研究生在读,Email:yuweihu007@foxmail.com;戴姝畅(2002-),女,博士研究生在读,Email:dschang2024@163.com;**共同通信作者**:李玲,Email:553284722@qq.com;王勇,Email:wangyong7096@aliyun.com;刘忠,Email:liuz@ibt.pumc.edu.cn

来,全球献血实践已积累了新的证据;目前,包括英国、美国、加拿大、法国、澳大利亚及日本在内的多数高收入国家,所采用的全血献血间隔期均短于我国现行标准,并普遍依据生理差异实行性别分类管理[3-6]。世界卫生组织(World Health Organization, WHO)在相关指南中推荐,全血献血的最短间隔可为男性 12 周(即 3 个月)和女性 16 周(即 4 个月)[7]。

缩短献血间隔期有望提高血液供给能力,但该策略的科学性与可行性取决于其是否能够在不损害献血者健康、血液质量及保障受血者输血安全的前提下实施。现有研究提示,过短的间隔可能导致献血者铁储备持续流失,引发铁缺乏甚至缺铁性贫血,并可能增加献血相关不良反应的风险[8-11]。我国学者早在 2007 年即初步探讨了 3 个月作为 400 mL 全血献血间隔的安全性[12]。而英国开展的大规模 INTERVAL 随机对照试验也为此提供了高级别证据:该研究证实,与更长的间隔相比,男性每 8~12 周、女性每 12~16 周献血虽能显著增加采血量,但也伴随着疲劳、气短、眩晕等不良反应发生率的升高,以及血红蛋白和铁蛋白水平的下降,提示了潜在的健康风险[13]。这表明,间隔期的调整需在安全性与供应量之间审慎权衡。

我国深圳市自 1995 年起通过地方立法形式规定两次采全血的献血间隔不得少于 3 个月、海南省则自 2012 年起通过地方立法形式规定两次采全血的献血间隔,男性不得少于 3 个月、女性不得少于 4 个月;两地先行先试为探索适宜我国的献血间隔方案积累了宝贵本土实践数据。然而,为评估缩短间隔期对献血者的安全性、行为模式的影响以及对全国血液供应量的潜在提升效果,仍缺乏基于大规模中国人群数据的系统性评价与权威指导。

因此,基于国内外现有证据和我国地方实践的经验,亟须制定一部针对中国人群的专家共识。本共识旨在通过系统评估现有证据,特别是来自中国人群的研究数据所得出的关键结论,回答“缩短全血献血间隔期是否安全”以及“能在多大程度上影响血液供应”两大核心问题。我们期望通过此共识,为相关政策调整提供科学、严谨的循证依据,在绝对保障献血者健康的前提下,探索优化血液资源配置、缓解临床用血压力的可行路径。

1　共识形成方法

1.1　发起机构与专家组成员

本共识依据《世界卫生组织指南制定手册》(WHO Handbook for Guideline Development)及循证医学相关方法学原则制定,并于国际实践指南注册与透明化平台(Practice guideline REgistration for transPAREncy, PREPARE)进行注册,注册号为 PREPARE-2026CN058;由中国医学科学院输血研究所牵头,联合国内 104 位专家成立共识编写委员会。专家组成员汇集输血医学、公共卫生以及医学检验技术等领域的专家。启动时间为 2025 年 9 月 30 日,定稿时间为 2026 年 7 月 9 日。

2　证据检索与评估

为全面收集全球关于全血献血间隔期的科学证据,工作组系统检索了 PubMed、Embase、Cochrane Library、中国知网(CNKI)、万方数据等中英文文献数据库,检索时限为建库至 2026 年 7 月,检索策略采用主题词与自由词相结合的方式,其中英文检索词包括但不限于"blood donation interval""interdonation interval""whole blood donation""ferritin""iron stores""iron deficiency""adverse reaction""vasovagal reaction""blood supply""donor retention""donor health",中文检索词包括但不限于"献血间隔""全血捐献""铁蛋白""铁储备""献血不良反应""血管迷走神经反应""血液供应""献血者保留""献血者健康"。

对检索到的文献,首先由两名研究人员独立进行标题和摘要筛选,排除不符合要求的文献后,下载全文进行精读。证据的质量等级采用 GRADE(Grading of Recommendations Assessment, Development and Evaluation)方法[14]进行评定。GRADE 将证据质量分为高、中、低和极低 4 个等级,分别记为 A、B、C 和 D。高质量(A)证据表示对效应估计值具有高度信心,进一步研究不太可能改变效应估计值;中等质量(B)证据表示对效应估计值具有中等程度的信心,进一步研究可能对效应估计值产生重要影响;低质量(C)证据表示对效应估计值的信心有限,进一步研究很可能改变效应估计值;极低质量(D)证据表示对效应估计值几乎没有信心,真实效应值很可能与当前估计值存在较大差异。证据质量的判定主要依据研究设计及其局限性、效应估计的精确性、研究结果的一致性、证据的间接性和发表偏倚等因素进行降级或升级评价。

3 推荐意见的形成过程

本共识在系统证据评价的基础上,采用改良德尔菲法(Delphi method)开展专家咨询,通过多轮专家意见征集、反馈与修订形成最终推荐意见。推荐意见的形成综合考虑 GRADE 证据质量、获益与潜在风险、可行性及专家意见等因素,并对推荐强度进行分级。

3.1 推荐意见形成与德尔菲法(Delphi method)专家咨询

在系统证据检索、筛选及 GRADE 证据质量评价的基础上,核心专家组围绕全血献血间隔期相关问题进行讨论,形成 4 个关键问题,并据此提出 8 条初步推荐意见。经核心专家组讨论和修改后,将初步推荐意见发送至 104 位专家组成员进行改良德尔菲法咨询。专家根据现有证据及自身专业经验,采用 Likert 5 级量表对各推荐意见的重要性进行评价,评价选项依次为“很重要”“重要”“一般”“不重要”和“很不重要”,并可针对推荐意见提出修改、补充或删除建议。根据专家评价结果及反馈意见,对推荐意见进行汇总、分析和修订,并在必要时开展后续咨询,最终形成共识推荐意见。

3.2 共识达成标准与推荐强度分级

将专家评价为“很重要”和“重要”的人数之和占有效评价专家总人数的比例定义为专家同意率,计算公式为:专家同意率(%)=(评价为“很重要”或“重要”的专家人数/有效评价专家总人数)×100%。预先设定专家同意率≥80%作为推荐意见达成共识的判定标准;当专家同意率<80%时,认为该推荐意见未达到预设共识标准,并根据专家反馈意见进行进一步讨论和修订。本次专家咨询中,8 条推荐意见的专家同意率均达到预设共识阈值,最终形成共识推荐意见。各推荐意见的具体专家评价结果、各评价等级的票数、专家同意率及共识达成情况详见附录表。

在达成专家共识的基础上,由共识专家组综合考虑 GRADE 证据质量、推荐措施的获益与潜在风险、获益与危害的平衡、实施可行性、价值观与偏好以及资源利用等因素,对推荐意见的推荐强度进行判定。推荐强度与 GRADE 证据质量为相互独立的两个维度,分为强推荐和弱推荐两级[15],分别记为 1 级和 2 级。强推荐(1 级)表示专家组对推荐措施的获益超过潜在危害具有较高程度的确信;弱推荐(2 级)表示推荐措施可能具有净获益,但由于证据质量、获益与危害平衡或其他相关因素存在一定不确定性,对该推荐的确信程度相对有限。

4 关键问题与推荐意见

4.1 缩短全血献血间隔期是否增加献血者健康风险?

4.1.1 献血后急性循环血量变化及其代偿机制

血液总量约占健康成年人体重的 7%~8%。其中,大部分血液在心血管系统内循环流动,另有约四分之一作为相对储备血,主要分布于肝、脾及组织间隙的毛细血管床中,平时并不完全参与循环[16]。在机体发生失血、运动或循环需求增加时,这部分血液可通过血管收缩等调节机制进入循环,以维持有效循环血量和血流动力学稳定。

一次全血献血的采集量通常为 200~400 mL,相对于健康成年人总血量而言占比较小。既往研究表明,在符合献血者健康筛查条件的前提下,这种程度的急性失血一般不会导致持续性的循环功能障碍[7]。献血后,机体可迅速启动容量代偿机制,血浆中的水分和电解质在数小时内即可恢复,血浆蛋白水平亦可在较短时间内回到基线范围,从而维持循环系统的基本稳定[17]。

其中循环血量的快速代偿主要依赖体液调节和血流动力学调节,而红细胞数量及血红蛋白等关键血液成分水平的恢复则依赖于后续的造血过程,所需恢复时间相对较长,这也是献血间隔期设定需要进一步综合考虑的重要生理基础。

4.1.2 缩短全血间隔期后献血不良反应发生率及严重不良事件风险情况

献血者安全是制定和调整献血间隔期政策的首要前提。献血后安全性的评估通常以献血不良反应为核心指标,其中血管迷走神经反应(vasovagal reaction, VVR)[18]最为常见,也是国际上用于评价献血安全性的核心终点之一[19]。

缩短全血献血间隔意味着献血频率的提高,但献血不良反应风险与献血频率之间并非简单的线性关系。既往研究表明,献血不良反应的发生与多种个体因素密切相关;一项纳入 71 项研究、累计约 1 900 万例献血人次的荟萃分析显示,在已报道的 VVR 相关风险因素中,女性、首次献血者、年龄较小者以及估算血容量、体重、身高和基础血压较低者,其发生献血后血管迷走神经反应的风险更

高[20]。这提示献血不良反应的发生受多因素共同影响,不能单纯归因于献血间隔期的长短。

在国内研究中,有学者以 3 个月为观察周期,对献血前后血液学指标进行系统测量,结果显示,在献血量为 400 mL 的情况下,3 个月的恢复期在血液学指标层面是安全的[12]。来自实行较短献血间隔期国家的长期实践与研究进一步表明,对于健康、重复献血且已适应献血过程的固定献血者,其心血管系统对血容量变化的应激反应相对稳定[21],在这一经筛选的低风险人群中,缩短献血间隔期并未被证实会独立、显著增加严重献血不良反应的发生率。

现有我国研究基于深圳市与海南省的大规模献血者真实世界数据,开展了多中心、回顾性非劣效性队列研究,共纳入 37.5 万名重复全血献血者、累计 129 万余次献血。研究发现,将全血献血间隔下限调整至 3 个月虽略增加不良反应发生率,但绝对差值低于预设非劣效界值;同时,短间隔献血显著提高了年复献率、年献血次数及年全血献血量,显示出对血液供应能力的积极作用。除多中心研究外,另有一项研究基于深圳地区单中心近 80 万例献血人次的长期监测数据,对献血间隔期与不良反应风险进行了系统评估,该研究共记录献血不良反应 1 839 人次,总体发生率为 0.23%。分析显示,不良反应发生主要与性别、年龄及是否首次献血等因素相关,其中首次献血者是不良反应发生的主要来源。在重复献血者中,研究采用限制性立方样条、二元 Logistic 回归及广义估计方程模型分析后发现,无论按首个献血间隔期还是全部献血间隔期评估,较短间隔期均未显示出导致不良反应发生率显著升高的明确证据,结果与多中心研究基本一致[22]。

国际证据亦支持上述结论。一项在英国开展的大规模前瞻性多中心随机对照试验[13]及后续相关系统综述[23]表明,在将献血间隔由标准方案(男性 12 周、女性 16 周)缩短至男性 8 或 10 周、女性 12 或 14 周后,献血者的生活质量、身体活动能力及认知功能未观察到显著差异。尽管较频繁献血与疲倦、头晕等轻度不适的发生有所增加,但严重不良事件的发生率并未显著上升。世界卫生组织在献血者适格性评估指南中推荐男性全血献血的最短间隔为 12 周,女性为 16 周[7]。目前,多数高收入国家采用的献血间隔期亦短于我国现行标准(表 1),如英国英格兰和威尔士通常采用男性 12 周、女性 16 周的间隔;美国和韩国采用男女统一 8 周;加拿大采用男性 8 周、女性 12 周;澳大利亚和新加坡采用男女统一 12 周;日本 400 mL 全血献血则采用男性 12 周、女性 16 周的间隔。上述差异表明,各国献血间隔政策并不存在单一模式,其安全性评价还需结合单次采血量、年度最高献血次数或累计采血量,以及血红蛋白和铁储备监测等配套措施综合判断。

综上所述,现有国内外证据一致表明:在严格献血者筛选、加强首次献血者管理及持续健康监测的前提下,适度缩短全血献血间隔期未显示出献血不良反应及严重不良事件风险的显著增加。献血安全性的关键在于高风险人群的识别与管理,而非单纯依赖延长献血间隔期。

表 1　部分国家和地区现行全血献血间隔标准

Table 1　Current whole blood donation interval standards in selected countries and regions

	不分性别(周)	男性(周)	女性(周)
美国(United States)	8	—	—
加拿大(Canada)	—	8	12
德国(Germany)*	8	—	—
澳大利亚(Australia)	12	—	—
英格兰(England)	—	12	16
威尔士(Wales)	—	12	16
苏格兰(Scotland)**	12	—	—
日本(Japan)***	—	12	16
韩国(Republic of Korea)	8	—	—
新加坡(Singapore)	12	—	—

注:表中间隔均指一次全血献血至下一次全血献血的最低间隔,为便于比较统一换算为周。“—”表示不适用。各国家和地区对年度最高献血次数或累计采血量另有规定。*德国男女全血献血最低间隔均为 56 天,但男性在 12 个月内最多献血 6 次,女性最多 4 次。**苏格兰男女全血献血最低间隔均为 12 周,同时限制男性在任意 12 个月内最多献血 4 次、女性最多 3 次;献血者通常在约 16 周后再次获邀,具体召回时间可能因血型及血液库存需求而异。***日本所列标准适用于 400 mL 全血献血;男性年度累计献血量不超过 1 200 mL,女性不超过 800 mL。

推荐意见 1:基于现有证据和国际实践,可考虑将全血献血间隔期调整为 3 个月。(证据等级:1B)

4.2　献血后关键血液成分的恢复时间及其对献血间隔期设定的意义?

4.2.1　红细胞再生与血红蛋白恢复时间

红细胞再生及血红蛋白(hemoglobin, Hb)水平恢复,是确定献血间隔期的重要生理学依据之一。与献血后循环血量可在较短时间内通过体液调节和血流动力学机制迅速代偿不同,红细胞数量和血红蛋白的恢复依赖骨髓造血功能逐步增强,具有明确的时间依赖性,并受性别、基础铁储备和献血频率等多种因素影响。

既往研究表明,献血后促红细胞生成素(erythropoietin, EPO)浓度迅速提高,在其刺激下骨髓红系造血活性明显增强,献血后约 7~14 d,外周血网织红细胞数量持续增加,提示机体已启动代偿性红细胞再生过程[24]。有关血红蛋白在献血后的动态变化,沃兹沃斯等人的研究表明[25],血红蛋白水平在失血约 400 mL 后 1~2 周内降至最低,但在 3~4 周内迅速回升至献血前水平;另有研究发现,健康男性献血者血红蛋白浓度在献血后 3 天下降约 7.9%,随后数周内逐步回升[26],但部分献血者在第 28 天时仍略低于献血前水平,提示血红蛋白浓度的恢复状况存在个体差异;波特吉赛尔等[24]采用一氧化碳重吸入法对献血后总血红蛋白质量(total hemoglobin mass, tHb)及血红蛋白浓度的动态变化进行精确评估,结果显示,在一次标准全血献血(约 550 mL)后,献血者丢失的 tHb 平均需 36.11 d 可恢复至献血前水平,恢复时间范围约为 20~59 d。这提示在无额外干预的情况下,大多数献血者需要 4~8 周才能完成血红蛋白质量的生理性重建,这为全血献血最短间隔期的制定提供了重要依据。

血红蛋白的恢复速度还存在显著的性别差异。一项针对女性献血者的研究表明[27],女性在献血后不仅血红蛋白下降幅度相对更明显,恢复速度也慢于男性。相关研究观察到,女性献血者在献血后数周内血红蛋白和铁蛋白水平均显著下降,部分个体在 8~12 周甚至更长时间内仍未完全恢复至献血前水平。这一现象与女性基础铁储备较低、生理性铁丢失以及造血储备相对有限等因素密切相关。

综合上述,红细胞再生和血红蛋白恢复并非即时完成的过程,其恢复时间至少需要 4 周,并在不同人群中存在显著差异。从献血间隔期设定的角度来看,将全血献血间隔期设定在血红蛋白及红细胞生成基本完成之后,有助于确保献血者造血系统获得充分恢复,降低贫血及相关不良反应的发生风险。此外,仅以血红蛋白水平作为献血间隔期是否充分的判断依据可能存在局限性,有必要进一步从铁储备恢复的角度对献血间隔期的合理性进行评估。

4.2.2 铁储备恢复与缺铁风险

全血捐献后,除血容量和血红蛋白水平发生变化外,机体铁储备的消耗及其恢复速度,也是确定献血间隔期时必须关注的重要生理学依据[28-30],每次捐献全血约 450~500 mL 就会导致约 210~250 mg 铁的丢失,这一数值相当于成年男性总铁储备的约 25%[31]。对于铁储备本就有限的个体,尤其是绝经前女性,这种铁丢失的影响更为显著。例如,女性 18~50 岁年龄组的平均铁储备仅为约 411 mg,一次献血即可消耗其储备的约 60%[32]。研究证实,献血活动本身是影响献血者铁状况的重要因素[33]。因此,献血活动后的恢复时间对于献血者体内铁含量的补充也尤为关键,合适的献血间隔期也应该以献血者的铁储备充分恢复为原则进行调整。

从生理机制上看,健康机体具有较完善的铁稳态调节能力。献血后,随着红细胞生成需求增加及储存铁下降,机体可通过降低铁调素水平、增强肠道对膳食铁的吸收、动员肝脾及骨髓中的储存铁,并优先保障红系造血等方式促进铁平衡重建。[34-37]因此,献血后的铁恢复并非单纯依赖原有储备的被动消耗,而是一个伴随吸收增强、储存铁动员和造血调节的主动代偿过程[34,36]。这说明在合理的时间窗口内,多数健康成人具有恢复一次献血所致失铁的能力。

同时,铁恢复速度存在显著的性别和个体差异,总体来看,男性献血者的基础铁储备相对较高,恢复速度通常快于女性;而育龄期女性因月经失血及基础铁储备相对有限,恢复所需时间往往更长[38]。献血后铁储备恢复通常慢于血红蛋白恢复,但多数健康献血者在机体代偿调节作用下,可于数周至数月内逐步完成铁平衡重建[32];在这一过程中,合理膳食具有重要支持作用。适当增加富含铁的动物性和植物性食物摄入,并配合富含维生素 C 的新鲜果蔬,有助于提高膳食铁生物利用度,促进铁储备恢复[39-40]。此外,系统评价证据显示[41],铁剂补充可进一步改善献血后的铁恢复状态。该研究纳入 30 项随机对照试验共 4 704 名献血者,结果表明,与未补铁者相比,补铁可显著降低因低血红蛋白而被暂缓献血的风险,并提高后续献血前的血红蛋白水平、血清铁蛋白及转铁蛋白饱和度;但与此同时,补铁相关胃肠道不良反应也更为常见,可能影响依从性与可接受性。因此,铁剂补充虽对改善献血相关缺铁具有积极作用,但更适合作为缺铁高风险人群的针对性干预措施,而非面向所有献血者的普遍常规策略。

综上,铁储备恢复应作为优化献血间隔期的重要参考因素之一。对于献血前健康状况良好、营养摄入基本充足且无持续失铁因素的多数成年献血者,3 个月通常可为 1 次全血捐献后的铁平衡重建

提供较为充分的恢复时间。从基层血站实际工作出发,依托现有健康征询、血红蛋白筛查和献血后膳食宣教开展综合管理,具备良好的现实可行性[42]。

4.2.3 叶酸、维生素 B12 等造血相关营养素的恢复

除铁以外,叶酸和维生素 B12 也是 DNA 合成和红细胞成熟过程中不可或缺的关键营养素,缺乏可导致红细胞生成障碍及巨幼红细胞性贫血,对于维持正常造血功能具有重要意义,与铁不同,叶酸和维生素 B12 均属于水溶性维生素,体内代谢周转较快,受献血影响的程度及恢复特点亦存在明显差异。

既往研究对献血前后水溶性维生素水平进行了系统测量。Kalus 等对献血者多种水溶性维生素(包括叶酸和维生素 B12)进行随访检测,结果显示,单次全血献血并未导致献血者血清叶酸或维生素 B12 水平出现持续性或系统性下降,提示献血行为本身并非引起此类营养素缺乏的主要原因[43]。在首次献血人群中的研究亦发现,大多数献血者在献血后仍维持正常的叶酸和维生素 B12 水平,未观察到显著的耗竭现象[44]。在人群层面,针对献血者叶酸状态的流行病学调查显示,其叶酸水平总体分布与一般人群相似,叶酸不足更多与个体的基础营养状况、膳食结构及生理状态相关,而非单纯由献血行为所致[45]。由此可见,与铁储备不同,叶酸和维生素 B12 并不会因献血而发生明显的长期性消耗。

在恢复速度方面,营养干预相关研究提供了重要参考。多项叶酸补充试验表明,口服叶酸后血清叶酸水平可在数天内上升,并在约 2 周内达到显著改善,红细胞叶酸水平亦可在短时间内逐步恢复[46]。维生素 B12 同样可通过合理膳食在数周内得到有效补充,其恢复时间明显短于铁储备的月级恢复过程。部分献血者在献血前即可能存在叶酸或维生素 B12 摄入不足,尤其是育龄期女性、老年人及膳食结构单一人群。对于这类个体,献血可能进一步暴露潜在的营养不足风险。有研究建议在献血者管理中关注高风险人群的基础营养状况,并在必要时结合膳食指导或个体化营养补充,以预防基础营养不足导致的献血风险[47]。

综上,现有证据一致表明,叶酸和维生素 B12 等造血相关营养素在献血后不易发生持续性耗竭,且恢复速度较快,通常不构成限制献血间隔期缩短的主要生物学因素。但在营养风险人群中,仍有必要进行个体化评估与针对性管理,以保障献血安全和献血者健康。

推荐意见 2:建议结合现有健康征询及血红蛋白筛查,关注献血者铁健康状况,并积极开展献血后膳食宣教,提高献血者对铁营养与恢复管理的认知。(证据等级:1A)

推荐意见 3:对存在铁储备不足风险的献血者,可根据具体情况采取适当延长献血间隔、加强富铁饮食指导,以保障献血者健康。(证据等级:2A)

推荐意见 4:对育龄期女性、老年人及膳食结构相对单一者,建议加强对叶酸、维生素 B12 等造血相关营养素状况的关注。必要时可结合膳食指导,预防基础营养不足相关的献血风险。(证据等级:2B)

推荐意见 5:建议将全血献血间隔期纳入分层管理体系。结合献血者的性别、年龄、献血频率及生理生化指标,逐步建立个性化、动态的献血管理策略,取代单一的固定间隔期模式。(证据等级:2C)

4.3 献血间隔期缩短对血液质量及临床有效性是否存在潜在影响?

与献血者健康风险不同,献血间隔期调整是否影响血液质量及临床输血有效性,直接关系到受血者安全,是评价献血政策合理性的重要维度。缩短献血间隔期可能引发的潜在担忧主要集中于两个方面:一是频繁献血是否导致单位血液中血红蛋白含量或红细胞功能发生变化,从而影响血液制品质量;二是上述变化是否会进一步转化为临床输血有效性下降或受血者不良反应风险增加。基于此,有必要从血液质量指标、临床输血效果及受血者安全性等多个层面,对缩短献血间隔期的潜在影响进行系统评估。

4.3.1 缩短献血间隔期对采集血液关键质量指标的影响

从红细胞储存质量来看,频繁献血可能因铁储备下降而增加红细胞在储存或应激条件下的易损性。一项基于大规模献血者样本的研究显示[48],频繁献血者尤其是铁蛋白较低的人群,其红细胞对氧化性溶血和渗透性溶血的敏感性存在一定变化,说明铁状态可能对红细胞在储存期间的质量表现有影响。该研究同时发现,红细胞膜完整性和总体储存稳定性并未因献血频率增加而出现一致的功

能性下降,这表明缩短献血间隔在采集质量层面并不必然导致储存性能的系统性恶化。另一项针对多个献血者来源红细胞制品的体外质量评价也得出了类似结果[49],在 42 d 储存期内,红细胞溶血、乳酸累积等指标与献血频率并没有显著相关性,相比之下,真正起主要作用的往往是献血者自身状态,如体重指数、性别、年龄及铁储备水平,而非献血频率本身。

关于红细胞储存损伤,已有文献指出红细胞在冷藏条件下会发生包括三磷酸腺苷(adenosine triphosphate,ATP)和 2,3-二磷酸甘油酸(2,3-diphosphoglycerate,2,3-DPG)水平下降、膜结构改变和微囊泡释放等一系列生化和形态学变化,这些变化主要与存储时间和储存条件有关,与供血者是否在短间隔内献血的关联尚未被充分证实[50]。在不同献血者特征组合下,红细胞储存特性存在较大个体差异,这种变异更多与供血者自身的生物学差异有关,而非简单由献血频率引起[51]。

总体来看,现有证据倾向于认为献血间隔期缩短对单位血液关键质量指标影响不大,但红细胞储存和功能的细微差异,仍可能受到铁状态及供血者个体生物学差异的影响。因此,在评价献血间隔期调整的科学性时,应优先关注铁储备和相关生物标志物的监测,而不宜将献血频率作为直接判断血液质量的唯一标准。

4.3.2 缩短献血间隔期对临床输血有效性的影响

临床输血的有效性主要指输注后红细胞在受血者体内的存活时间,以及其是否发挥纠正贫血或改善组织供氧等功能。频繁献血后的红细胞是否在功能性和存活时间层面与较长间隔所献血液有所差异并进一步影响输血疗效,也是需要关注的问题。

一项随机试验表明,在针对铁状态进行干预的背景下,无论献血者是否接受铁补充,两次献血来源的红细胞在储存 40~42 d 后输注给受者的 24 h 存活率未发生显著变化,输血后红细胞短期存活率仍保持稳定,这为多次献血者来源红细胞的临床有效性提供了直接证据[52];该随机对照试验还分析了受血者术后其他次要结局指标,包括认知功能和生活质量等,结果同样未见因红细胞来源条件差异而出现临床效果的显著差异。这表明,在符合健康筛选条件和铁状态管理的前提下,缩短献血间隔期、提高献血频率并未显著证实与红细胞的输血临床有效性相关。

推荐意见 6:基于红细胞再生及血红蛋白质量恢复的生理时间过程,建议全血献血间隔期不应短于红细胞和血红蛋白基本恢复所需的时间,在此基础上,缩短献血间隔期不会影响血液质量。(证据等级:1B)

推荐意见 7:除年龄上限外,其余健康评估流程规范与准入标准可沿用《献血者健康检查要求(GB 18467-2011)》和《血站技术操作规程》。(证据等级:1C)

4.4 缩短全血献血间隔期,能对血液供应预期产生多大贡献?

在保障献血者健康安全的前提下,科学调整全血献血间隔期,是提升年度血液采集总量、应对全球及区域性血液短缺危机、保障国家血液安全自主可控的关键性策略。这一策略不仅基于本国国情,更与全球为建立安全、充足血液供应体系的共同努力方向高度一致。

当前,全球血液供应存在严重不平等。近三分之二的国家,特别是中低收入国家(low- and middle-income countries,LMICs),面临持续的血液短缺。高收入国家的人口不足全球 20%,却采集了全球 40%的血液[53]。WHO 将血液视为基本药物,强调其对卫生系统不可或缺的作用。作为全球大国之一,中国建立并维持一个强大、自给自足的血液供应体系,不仅关乎自身国民的健康福祉,也是对全球公共卫生事业的重大贡献。

来自英国的 INTERVAL 随机试验已证实[11],缩短献血间隔能直接、显著地增加血液采集。与英国原有的标准间隔期(男性 12 周,女性 16 周)相比,将间隔期缩短至男性 8 周、女性 12 周后,在为期两年的研究期内,每位男性献血者平均多采集 1.69 单位(约 795 mL)血液,增幅达 33%;每位女性献血者平均多采集 0.84 单位(约 395 mL)血液,增幅达 24%。该研究证实,更短的献血间隔能在不严重影响献血者整体生活质量和主要健康指标的前提下,显著增加血液供应。这对于在特定时期或针对特定血型进行精准招募,缓解季节性、偏型性血液紧张局面具有积极且可量化的意义。与此同时,一项对美国献血者大数据的模拟研究[10]显示,延长献血间隔将直接导致血液供应量下降。该模型预测,若将间隔期从 8 周延长至 12 周、16 周和 20 周,红细胞采集量将分别减少 3.1%、7.3%和 11.3%;其中,献血最活跃的老年献血者群体,血液损失比例可高达 10%~18%,这从反面论证了一定

量缩短献血间隔对于保障血液供应的重要性。现有我国研究基于深圳市与海南省的大规模献血者真实世界数据,开展了多中心、回顾性非劣效性队列研究。研究发现,将全血献血间隔下限调整至 3 个月后,有过短间隔全血献血行为的献血者的年复献率高于未曾短间隔献血的献血者(74.2% *vs* 18.3%,调整后 OR = 12.5,95%CI:12.3~12.7,*P*<0.001)、年全血献血率更高(调整后 RR = 1.98,95%CI:1.97~1.98,*P*<0.001)、平均全血献血间隔更短(β = −239 d,95% CI:−242 ~ −237 d,*P*<0.001)、年全血献血量更高(调整后 RR = 2.14,95%CI:2.13~2.15,*P*<0.001)。国际研究与我国真实世界证据共同表明,在严格健康筛查和规范管理前提下,科学缩短全血献血间隔,能够有效提升献血频次和年度血液采集总量。

自 1998 年《中华人民共和国献血法》颁布实施以来,我国已成功建立了以自愿无偿献血为主体的血液供应模式[54],有严格的献血者健康筛查标准和完善的质量管理体系,为安全实施更短间隔提供了制度保障。与此同时,中国正面临着医疗服务需求快速增长与血液供应增长缓慢从而导致的血液供需紧平衡,而相对较长的献血间隔正是限制血液供应的众多原因之一[55];因此面对全球性的血液供应挑战与国内持续增长的临床需求,在保障献血者健康安全的前提下,科学调整全血献血间隔期,已不仅仅是一个提升采集效率的技术性措施。它是践行“血液是基本药物”这一 WHO 理念、强化国家血液安全保障能力、引领我国血液事业向更安全、更充足、更高效和更具韧性的未来迈出的战略性一步。

推荐意见 8:全血献血间隔期的设定应在保障献血者健康和所献血液质量的前提下,同时保障血液供应。(证据等级:1A)

5　结语

随着医疗需求持续增长与献血人群结构变化,我国血液供应面临长期压力,科学调整全血献血间隔期具有重要现实意义。献血间隔政策的优化,既关乎血液供应的稳定性,也直接关系到献血者的健康权益。未来,应进一步开展覆盖全国多地区、多人群的大规模真实世界研究,持续追踪 3 个月献血间隔期下献血者的长期健康指标,尤其关注铁储备动态变化与不良反应的长期关联,为政策落地提供更扎实的本土化数据支撑。同时,应加快推进献血者个性化管理体系建设,将铁蛋白检测逐步纳入常规筛查,结合个性化特征,建立动态风险评估模型,实现献血间隔的精准适配;并探索铁补充剂干预的常态化机制,通过补贴供应、健康指导等方式提升献血者依从性,降低铁缺乏风险。期待相关政策制定能以现有循证证据为基础,推动献血间隔标准科学优化,同时完善血液供应监测与调配机制,更好地应对季节性、偏型性用血紧张,逐步构建起兼顾献血者健康与临床用血需求、更具韧性的国家血液供应。

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/Donor Consent

本文不涉及伦理审批和知情同意。

作者贡献/Authors' Contribution

所有专家与执笔作者均为本共识第一作者。

专家共识组成员(按姓氏笔画排序):

丁威(浙江省血液中心),于天为(北京大学肿瘤医院内蒙古医院),韦军(广西壮族自治区血液中心),王秋实(中国医科大学附属盛京医院),王勇(北京市红十字血液中心),王珏(中国医学科学院输血研究所),王勇军(中南大学湘雅二医院),王娟(华中科技大学同济医学院附属同济医院),王鹏(北京大学第一医院),田力(中国医学科学院输血研究所),叶小凡(江苏省血液中心),白林(山西省输血协会),付丹晖(福建医科大学附属协和医院),甘佳(中国医学科学院北京协和医院),冉贤江(贵州省血液中心),石海燕(淄博市第一医院),宁理(深圳市血液中心),朱小兵(重庆市血液中心),朱长太(上海交通大学医学院附属第六人民医院),朱考考(海南省血液中心),刘会兰(中国科学技术大学附属第一医院),巩怀证(山东省血液中心),刘杰(唐山启奥科技股份有限公司),刘忠(中国医学科学院输血研究所),达珍(西藏自治区血液中心),成钢(云南昆明血液中心),刘峰(广西医科大学第一附属医院),刘颖(黑龙江省血液中心),刘磊(中国人民解放军中部战区总医院),汤戎(云南昆明血液中心),张玉华(军事科学院军事医学研究院),张可莹(首都医科大学附属北京妇产医院),李宇祺(黑龙江省疾病预防控制中心),陈江天(浙江省血液中心),张伟

(宁夏血液中心)，宋安昌(吉林省血液中心)，余泽波(重庆医科大学附属第一医院)，陈青(南京鼓楼医院)，张岱(河南中医药大学第一附属医院)，李建斌(河南省红十字血液中心)，陈春霞(四川大学华西医院)，陈姣(四川省人民医院)，李玲(成都市第三人民医院)，张荣江(天津市血液中心)，张树超(青岛大学附属医院)，杨冬燕(重庆市血液中心)，杨辉(河北省血液中心)，杨勇毅(甘肃省红十字血液中心)，李浩泷(天津市血液中心)，李莉(新疆生产建设兵团中心血站)，陈莉(河北省血液中心)，吴晓强(海南省血液中心)，何清(云南昆明血液中心)，张硕(内蒙古自治区血液中心)，张晨光(河南医药大学)，张婵(云南省第一人民医院)，李喜莹(中国医学科学院肿瘤医院)，张晰(上海市血液中心)，陈婷(福建省血液中心)，李新凤(乌鲁木齐市血液中心)，范为民(江西省血液中心)，罗伟峰(广州血液中心)，郑佳(青海省人民医院)，罗佳(长沙血液中心)，郑国琴(宁夏血液中心)，周源(太原市血液中心)，侯瑞琴(北京大学人民医院)，查占山(海军军医大学第一附属医院)，胡芃(云南省第一人民医院)，赵丽艳(吉林大学第二医院输血科)，赵国庆(黑龙江省输血协会)，项征国(武汉血液中心)，徐华(陕西省血液中心)，高旭蓉(中国医学科学院阜外医院)，郭建荣(上海健康医学院附属浦东公利医院)，莫柱宁(广西壮族自治区人民医院)，秦晓虹(甘肃省红十字血液中心)，袁薇(贵州省血液中心)，高晨(中国疾病预防控制中心病毒病预防控制所)，崔欣(贵州省血液中心)，常缨(河北省血液中心)，梁华钦(广州血液中心)，梁晓华(大连市血液中心)，韩小改(河南省红十字血液中心)，焦立新(吉林省血液中心)，遇红梅(吉林大学中日联谊医院)，谢珏(浙江大学医学院附属第一医院)，彭晓明(新疆生产建设兵团疾病预防控制中心)，董文安(河南省红十字血液中心)，董德梅(北京天坛生物制品股份有限公司)，傅雪梅(成都市血液中心)，褚晓凌(福建省疾病预防控制中心)，雷登平(青海省血液中心)，戴苏娜(中国输血协会)，裴丽坚(中国医学科学院北京协和医院)，蔡晓红(上海交通大学医学院附属瑞金医院)，潘金霞(辽宁省血液中心)，鞠瑞青(吉林省血液中心)。

学术秘书：周俞妤(中国医学科学院 北京协和医学院)，熊浪(西南交通大学医学院)

附录

推荐意见	很重要(票)	重要(票)	一般(票)	不重要(票)	很不重要(票)	同意率(%)	是否达成共识
推荐意见 1：基于现有证据和国际实践，可考虑将全血献血间隔期调整为 3 个月。	82	14	5	1	2	92.31	是
推荐意见 2：建议结合现有健康征询及血红蛋白筛查，关注献血者铁健康状况，并积极开展献血后膳食宣教，提高献血者对铁营养与恢复管理的认知。	74	14	13	2	1	84.62	是
推荐意见 3：对存在铁储备不足风险的献血者，可根据具体情况采取适当延长献血间隔、加强富铁饮食指导，以保障献血者健康。	79	16	7	1	1	91.35	是
推荐意见 4：对育龄期女性、老年人及膳食结构相对单一者，建议加强对叶酸、维生素 B12 等造血相关营养素状况的关注。必要时可结合膳食指导，预防基础营养不足相关的献血风险。	69	17	15	2	1	82.69	是
推荐意见 5：建议将全血献血间隔期纳入分层管理体系。结合献血者的性别、年龄、献血频率及生理生化指标，逐步建立个性化、动态的献血管理策略，取代单一的固定间隔期模式。	78	11	9	3	3	85.58	是
推荐意见 6：基于红细胞再生及血红蛋白质量恢复的生理时间过程，建议全血献血间隔期不应短于红细胞和血红蛋白基本恢复所需的时间，在此基础下，缩短献血间隔期不会影响血液质量。	95	5	3	1	0	96.15	是
推荐意见 7：除年龄上限外，其余健康评估流程规范与准入标准可沿用《献血者健康检查要求(GB 18467-2011)》和《血站技术操作规程》。	86	8	9	1	0	90.38	是
推荐意见 8：全血献血间隔期的设定应在保障献血者健康和所献血液质量的前提下，同时保障血液供应。	99	5	0	0	0	100	是

[参考文献]

[1] YU X, WANG Z, SHEN Y, et al. Population-based projections of blood supply and demand, China, 2017-2036[J]. Bull World Health Organ, 2020, 98(1):10-18.

[2] WITTOCK N, HUSTINX L, BRACKE P, et al. Who donates? Cross-country and periodical variation in blood donor demographics in Europe between 1994 and 2014

[J]. Transfusion, 2017, 57(11):2619-2628.

[3] JOINT PROFESSIONAL ADVISORY COMMITTEE. Frequency of donation: whole blood and components[R/OL]. (2023-05-09)[2025-12-15]. https://www.jpac.org.uk/guidelines/wb/index/frequency-of-donation/.

[4] GOLDMAN M, MAGNUSSEN K, GORLIN J, et al. International forum regarding practices related to donor haemoglobin and iron[J]. Vox Sang, 2016, 111(4): 449-455.

[5] KARP J K, KING K E. International variation in volunteer whole blood donor eligibility criteria[J]. Transfusion, 2010, 50(2):507-513.

[6] COHN C S, BOCQUET C. Updates to Association for the Advancement of Blood and Biotherapies Standards for blood banks and transfusion services, 34th edition[J]. Transfusion, 2024, 64(9):1628-1632.

[7] WORLD HEALTH ORGANIZATION. Blood donor selection: guidelines on assessing donor suitability for blood donation[M]. Geneva: World Health Organization, 2012.

[8] BAART A M, VAN DEN HURK K, DE KORT W L A M. Minimum donation intervals should be reconsidered to decrease low hemoglobin deferral in whole blood donors: an observational study[J]. Transfusion, 2015, 55(11):2641-2644.

[9] GANDHI M J, DUFFY K, BENIKE M, et al. Effect of increasing hemoglobin cutoff in male donors and increasing interdonation interval in whole blood donors at a hospital-based blood donor center[J]. Transfusion, 2012, 52(9):1880-1888.

[10] SPENCER B R, JOHNSON B, WRIGHT D J, et al. Potential impact on blood availability and donor iron status of changes to donor hemoglobin cutoff and interdonation intervals[J]. Transfusion, 2016, 56(8):1994-2004.

[11] MOORE C, BOLTON T, WALKER M, et al. Recruitment and representativeness of blood donors in the INTERVAL randomised trial assessing varying inter-donation intervals[J]. Trials, 2016, 17(1):458.

[12] 苏玲玲,陈镇奇,翁妙卿,等. 无偿献血的限量及安全间隔期的研究[J]. 临床输血与检验,2007,9(4):302-304.
SU L L, CHEN Z Q, WENG M Q, et al. Research to the satisfying blood donating volume and safe interval[J]. J Clin Transfus Lab Med, 2007, 9(4):302-304.

[13] DI ANGELANTONIO E, THOMPSON S G, KAPTOGE S, et al. Efficiency and safety of varying the frequency of whole blood donation (INTERVAL): a randomised trial of 45 000 donors[J]. Lancet, 2017, 390(10110): 2360-2371.

[14] GUYATT G H, OXMAN A D, KUNZ R, et al. What is "quality of evidence" and why is it important to clinicians?[J]. BMJ, 2008, 336(7651):995-998.

[15] GUYATT G H, OXMAN A D, KUNZ R, et al. Going from evidence to recommendations[J]. BMJ, 2008, 336(7652):1049-1051.

[16] HALL J E, HALL M E. Guyton and Hall textbook of medical physiology[M]. 14th ed. Philadelphia: Elsevier, 2021.

[17] NEWMAN B H. Blood donor complications after whole-blood donation[J]. Curr Opin Hematol, 2004, 11(5): 339-345.

[18] AMREIN K, VALENTIN A, LANZER G, et al. Adverse events and safety issues in blood donation--a comprehensive review[J]. Blood Rev, 2012, 26(1):33-42.

[19] YOUNG P, CROWDER L, STEELE W, et al. Frequency of rare, serious donor reactions: international perspective[J]. Transfusion, 2021, 61(6):1780-1788.

[20] WU Y, QI H, DI ANGELANTONIO E, et al. Risk factors for vasovagal reactions in blood donors: a systematic review and meta-analysis[J]. Transfusion, 2025, 65(1):211-223.

[21] THIJSEN A, MASSER B. Vasovagal reactions in blood donors: risks, prevention and management[J]. Transfus Med, 2019, 29(Suppl 1):13-22.

[22] 宁理,张艳艳,曾劲峰,等. 深圳地区献血间隔期与献血不良反应相关性的回顾性队列分析[J]. 中国输血杂志,2026,39(3):346-352.
NING L, ZHANG Y Y, ZENG J F, et al. A retrospective cohort analysis of the association between blood donation intervals and adverse blood donation reactions in Shenzhen[J]. Chin J Blood Transfusion, 2026, 39(3): 346-352.

[23] SEVERIJNS P, D'AES T, DE BUCK E, et al. What is the impact of whole-blood donation frequency on donor health? A systematic review[J]. Vox Sang, 2026, 121(7):893-903.

[24] POTTGIESSER T, SPECKER W, UMHAU M, et al. Recovery of hemoglobin mass after blood donation[J]. Transfusion, 2008, 48(7):1390-1397.

[25] WADSWORTH G R. Recovery from acute haemorrhage in normal men and women[J]. J Physiol, 1955, 129(3):583-593.

[26] ZIEGLER A K, GRAND J, STANGERUP I, et al. Time course for the recovery of physical performance, blood hemoglobin, and ferritin content after blood donation[J]. Transfusion, 2015, 55(4):898-905.

[27] STANGERUP I, KRAMP N L, ZIEGLER A K, et al. Temporary impact of blood donation on physical perform-

ance and hematologic variables in women[J]. Transfusion, 2017, 57(8):1905-1911.
[28] SIMON T L. Iron, iron everywhere but not enough to donate[J]. Transfusion, 2002, 42(6):664.
[29] KISS J E, BRAMBILLA D, GLYNN S A, et al. Oral iron supplementation after blood donation: a randomized clinical trial[J]. JAMA, 2015, 313(6):575-583.
[30] CABLE R G, GLYNN S A, KISS J E, et al. Iron deficiency in blood donors: analysis of enrollment data from the REDS-II Donor Iron Status Evaluation (RISE) study[J]. Transfusion, 2011, 51(3):511-522.
[31] BRITTENHAM G M, WEISS G, BRISSOT P, et al. Clinical consequences of new insights in the pathophysiology of disorders of iron and heme metabolism[J]. Hematology Am Soc Hematol Educ Program, 2000(1):39-50.
[32] KISS J E, BIRCH R J, STEELE W R, et al. Quantification of body iron and iron absorption in the REDS-II Donor Iron Status Evaluation (RISE) study[J]. Transfusion, 2017, 57(7):1656-1664.
[33] MANTADAKIS E, PANAGOPOULOU P, KONTEKAKI E, et al. Iron deficiency and blood donation: links, risks and management[J]. J Blood Med, 2022, 13:775-786.
[34] GANZ T, NEMETH E. Hepcidin and disorders of iron metabolism[J]. Annu Rev Med, 2011, 62:347-360.
[35] GANZ T. Systemic iron homeostasis[J]. Physiol Rev, 2013, 93(4):1721-1741.
[36] CAMASCHELLA C. Iron-deficiency anemia[J]. N Engl J Med, 2015, 372(19):1832-1843.
[37] ANDREWS N C. Forging a field: the golden age of iron biology[J]. Blood, 2008, 112(2):219-230.
[38] KISS J E. Laboratory and genetic assessment of iron deficiency in blood donors[J]. Clin Lab Med, 2015, 35(1):73-91.
[39] HURRELL R, EGLI I. Iron bioavailability and dietary reference values[J]. Am J Clin Nutr, 2010, 91(5):1461S-1467S.
[40] HALLBERG L, HULTHÉN L. Prediction of dietary iron absorption: an algorithm for calculating absorption and bioavailability of dietary iron[J]. Am J Clin Nutr, 2000, 71(5):1147-1160.
[41] SMITH G A, FISHER S A, DOREE C, et al. Oral or parenteral iron supplementation to reduce deferral, iron deficiency and/or anaemia in blood donors[J]. Cochrane Database Syst Rev, 2014(7):CD009532.
[42] GOLDMAN M, UZICANIN S, OSMOND L, et al. A large national study of ferritin testing in Canadian blood donors[J]. Transfusion, 2017, 57(3):564-570.
[43] KALUS U, PRUSS A, WODARRA J, et al. Influence of blood donation on levels of water-soluble vitamins[J]. Transfus Med, 2008, 18(6):360-365.
[44] BOOTH C K, CLARK T, FENN A. Folic acid, riboflavin, thiamine, and vitamin B-6 status of a group of first-time blood donors[J]. Am J Clin Nutr, 1998, 68(5):1075-1080.
[45] CAFOLLA A, DRAGONI F, GIRELLI G, et al. Folate status in Italian blood donors: relation to gender and smoking[J]. Haematologica, 2000, 85(7):694-698.
[46] ROSENTHAL J, MILLA G, FLORES A, et al. Effect of different dosage and administration schedules of folic acid on blood folate levels in a population of Honduran women of reproductive age[J]. Public Health Nutr, 2008, 11(8):822-830.
[47] ZAPPACOSTA B, PERSICHILLI S, IACOVIELLO L, et al. Folate, vitamin B12 and homocysteine status in an Italian blood donor population[J]. Nutr Metab Cardiovasc Dis, 2013, 23(5):473-480.
[48] KANIAS T, STONE M, PAGE G P, et al. Frequent blood donations alter susceptibility of red blood cells to storage- and stress-induced hemolysis[J]. Transfusion, 2019, 59(1):67-78.
[49] TAN J C G, CHA Y, AUNG H H, et al. Haemolysis in red blood cell components is associated with donor ferritin and body mass index status, but not donation frequency[J]. Transfus Apher Sci, 2024, 63(6):104009.
[50] LIVSHITS L, BARSHTEIN G, ARBELL D, et al. Do we store packed red blood cells under "quasi-diabetic" conditions?[J]. Biomolecules, 2021, 11(7):992.
[51] TZOUNAKAS V L, KRIEBARDIS A G, PAPASSIDERI I S, et al. Donor-variation effect on red blood cell storage lesion: a close relationship emerges[J]. Proteomics Clin Appl, 2016, 10(8):791-804.
[52] HOD E A, BRITTENHAM G M, BITAN Z C, et al. A randomized trial of blood donor iron repletion on red cell quality for transfusion and donor cognition and well-being[J]. Blood, 2022, 140(25):2730-2739.
[53] JACOBS J W, BATES I, M'BAYA B, et al. Ensuring a safe and sufficient global blood supply[J]. N Engl J Med, 2024, 391(12):1079-1081.
[54] LI L, LI K Y, YAN K, et al. The history and challenges of blood donor screening in China[J]. Transfus Med Rev, 2017, 31(2):89-93.
[55] SHI L, WANG J, LIU Z, et al. Blood donor management in China[J]. Transfus Med Hemother, 2014, 41(4):273-282.

(2026-07-09 收稿, 08-26 修回, 09-04 接收)

本文编辑:李宜博