doi：10.7499/j.issn.1008-8830.2503114

指南解读：《儿科输血指南》系列

国家卫生健康行业标准《儿科输血指南》中心脏手术患儿输血的编制说明与解读

黄蓉[1] 何庆南[2] 黑明燕[3] 杨明华[2] 竺晓凡[4] 卢俊[5] 徐晓军[6]
袁天明[7] 张蓉[8] 王旭[9] 王静[10] 邵智利[11] 赵明一[2] 郭永建[12,13]
吴心音[14] 陈佳睿[15,16] 陈琦蓉[15,16] 郭佳[15,16] 桂嵘[1] 刘晋萍[17]

（1.中南大学湘雅三医院输血科，湖南长沙 410013；2.中南大学湘雅三医院儿科，湖南长沙 410013；3.首都医科大学附属北京儿童医院新生儿中心，北京 100045；4.中国医学科学院血液病医院（中国医学科学院血液学研究所）儿童血液病诊疗中心，天津 300020；5.苏州大学附属儿童医院血液肿瘤科，江苏苏州 215025；6.浙江大学医学院附属儿童医院血液肿瘤内科，浙江杭州 310005；7.浙江大学医学院附属儿童医院新生儿科，浙江杭州 310005；8.复旦大学附属儿科医院新生儿科，上海 201102；9.中国医学科学院阜外医院小儿外科中心，北京 100032；10.上海交通大学医学院附属上海儿童医学中心输血科，上海 200127；11.河北省儿童医院输血科，河北石家庄 050031；12.国家卫生健康标准委员会血液标准专业委员会，北京 100006；13.福建省血液中心，福建福州 350004；14.中南大学湘雅公共卫生学院流行病与卫生统计学系，湖南长沙 410013；15.中南大学湘雅护理学院，湖南长沙 410013；16.中南大学湘雅循证卫生保健研究中心，湖南长沙 410013；17.中国医学科学院阜外医院体外循环中心，北京 100032）

［摘要］为了指导儿童患者的临床输血实践，国家卫生健康委员会发布了卫生健康行业标准《儿科输血指南》（WS/T 795-2022）。接受心脏手术的患儿出血风险大，围手术期新生儿和儿童贫血和凝血功能障碍原因复杂多样，因此常需要输注异体血液成分。该指南对心脏手术患儿术前、术中、术后患者血液管理的具体措施给出了指导和建议。该文对心脏手术患儿输血条款内容的编制背景和证据做出解读，希望有助于该指南的理解和贯彻实施。
［中国当代儿科杂志，2025，27（7）：778-785］
［关键词］心脏手术；血液管理；体外循环；严紧输血策略；儿童

Explanation and interpretation of blood transfusion provisions for children undergoing cardiac surgery in the national health standard "Guideline for pediatric transfusion"

HUANG Rong, HE Qing-Nan, HEI Ming-Yan, YANG Ming-Hua, ZHU Xiao-Fan, LU Jun, XU Xiao-Jun, YUAN Tian-Ming, ZHANG Rong, WANG Xu, WANG Jing, SHAO Zhi-Li, ZHAO Ming-Yi, GUO Yong-Jian, WU Xin-Yin, CHEN Jia-Rui, CHEN Qi-Rong, GUO Jia, GUI Rong, LIU Jin-Ping. Department of Blood Transfusion, The Third Xiangya Hospital, Central South University, Changsha 410013 (Gui R, Email: guirong@csu.edu.cn); Extracorporeal Circulation Center, Fuwai Hospital, Chinese Academy of Medical Sciences, Beijing 100032 (Liu J-P, Email: jinpingfw@hotmail.com)

Abstract: To guide clinical blood transfusion practices in pediatric patients, the National Health Commission has issued the health standard "Guideline for pediatric transfusion" (WS/T 795-2022). Children undergoing cardiac surgery are at high risk of bleeding, and the causes of perioperative anemia and coagulation disorders in neonates and children are complex and varied, often necessitating the transfusion of allogeneic blood components. This guideline provides direction and recommendations for specific measures in blood management for children undergoing cardiac surgery before, during, and after surgery. This article interprets the background and evidence for the formulation of the blood

［收稿日期］2025-03-19；［接受日期］2025-05-30
［作者简介］黄蓉，女，博士，副主任技师。
［通信作者］桂嵘，女，教授/主任技师。Email：guirong@csu.edu.cn；刘晋萍，女，主任医师。Email：jinpingfw@hotmail.com。

transfusion provisions for children undergoing cardiac surgery, hoping to facilitate the understanding and implementation of this guideline.
[Chinese Journal of Contemporary Pediatrics, 2025, 27(7): 778-785]
Key words: Cardiac surgery; Blood management; Cardiopulmonary bypass; Restrictive transfusion strategy; Child

儿童心脏手术出血风险大，经常需要输注异体血液成分。引起新生儿和儿童围手术期贫血和凝血功能障碍的危险因素复杂[1-2]。为了促进心脏手术患儿合理输血，改善患儿临床结局，国家卫生健康委员会发布的卫生健康行业标准《儿科输血指南》（WS/T 795-2022）[3]（以下简称《指南》）中的心脏手术患儿输血一章对术前、术中、术后的患者血液管理措施给出了指导和建议。本文旨在阐述《指南》中的关于心脏手术患儿输血部分条款内容的证据并进行解读，希望有助于《指南》的理解和贯彻实施。

1　关于术前患者血液管理措施的说明和解读

1.1　《指南》条款

《指南》关于一般重症的条款如下。

“10.1.1 术前宜详细询问患儿病史和做体格检查，评估患儿止凝血功能障碍和贫血风险。”

“10.1.2 宜积极治疗术前缺铁性贫血。不宜常规使用促红细胞生成素纠正术前贫血。”

“10.1.3 对出血风险高及体外循环时间较长的患儿，宜行血管性血友病检测。必要时加做凝血因子水平检测或血栓弹力图检测等。”

“10.1.4 宜详细了解患儿术前用药情况，对术前服用抗凝药品、抗血小板药品和其他可能影响止凝血功能药品的患儿，宜根据具体情况采取相应管理措施。”

1.2　说明和解读

2019 年患者血液管理和止血/血栓促进协作网（Network for the Advancement of Patient Blood Management, Haemostasis and Thrombosis, NATA）发布了心脏手术新生儿和儿童患者血液管理指南[4]，介绍了目前相关的贫血管理和输血实践文献，并提供了基于临床证据的建议。

术前贫血的识别和治疗是患者血液管理的基石之一。心脏手术患儿可以是患有紫绀型或非紫绀型心脏缺陷的从新生儿到青少年范围的儿童，因此有不同的血红蛋白（hemoglobin, Hb）基线水平和铁蛋白水平。心脏手术患儿的最佳术前 Hb 值尚未确定，特别是 6 个月以下的婴儿或患有慢性紫绀的儿童。对于接受非心脏手术的新生儿和儿童，术前贫血与感染发病率或 30 d 病死率之间的关系已进行过研究[5-6]，但心脏手术患儿的证据不足。一项回顾性研究显示，接受非复杂心脏手术（修复心室或房室间隔缺损）的患儿，如术前红细胞压积（hematocrit, Hct）<34%，则更有可能需要输血[7]。在 220 例接受心脏手术患儿的单中心回顾性队列研究中，术前贫血与围手术期急性肾损伤的风险增加有关[8]。因此，术前贫血的治疗对于减少围手术期贫血引起的并发症和输血十分重要。NATA 指南推荐对于心脏手术患儿，宜术前进行缺铁性贫血的评估和诊断，并采用口服或静脉注射铁剂治疗，仅在特殊情况下考虑使用促红细胞生成素[4]。

过去几十年，研究者们一直致力于预测接受心脏手术的新生儿和儿童出血情况的研究。除了患儿的基本特征、合并症、全身状态和先天性心脏病的严重程度外，一些研究还试图确定与术中、术后出血相关的术前凝血参数。一项纳入 548 例体外循环心脏手术患儿的前瞻性队列研究发现，术前常规凝血试验和血栓弹力图（thromboelastography, TEG）参数无法预测出血[9]。Moganasundram 等[10]研究发现，包括麻醉诱导时的活化部分凝血酶原时间和鱼精蛋白中和后的 TEG 最大振幅值的二变量模型很好地识别了 50 例接受心脏手术患儿的后续出血。Hayashi 等[11]评估了旋转血栓弹力测定（rotational thromboelastometry, ROTEM）和凝血酶生成的预测价值。虽然术前凝血酶生成潜力与出血之间存在一定的相关性，但术前凝血参数无法预测出血。总的来说，由于儿科心脏手术中出血和凝血功能障碍受到多因素影响，单独的凝血参数或结合患儿的基本特征无法预测出血。此外，没有证据支持在术前纠正异常实验室值的益处。对于新生儿、接受抗凝治疗和体外生命支持的患儿，可根据具体情况评估凝血功能和血小板计数。

患儿可能因为心脏病已经服用抗凝剂或抗血小板药物，术前应停用相应药物，必要时使用肝素或者低分子肝素作为衔接。轻度凝血功能异常不是术前预防性输注新鲜冰冻血浆（fresh frozen plasma, FFP）或者冷沉淀凝血因子的适应证[12]。

2 关于术中患者血液管理措施的说明和解读

2.1 《指南》条款

《指南》关于一般重症的条款如下。

“10.2.1 外科精细止血是有效减少失血和输血的关键因素。”

“10.2.2 对于需要体外循环的患儿，宜预防性使用抗纤溶药品，但不宜使用大剂量方案。”

“10.2.3 减轻体外循环过程中的血液稀释程度对减少异体输血至关重要。在体外循环过程中宜采取以下患者血液管理措施：

a）宜优化体外循环管路，避免血液过度稀释；在体外循环过程中，新生儿 Hct 宜>25%，其他患儿 Hct 宜>21%；体外循环停机前，新生儿 Hct 宜>33%，其他患儿 Hct 宜>25%；

b）体外循环不宜常规预充 FFP；

c）对于术前存在凝血因子缺乏的患儿，如果无相应凝血因子药品可用，且患儿抗凝血酶水平严重低下，体外循环宜预充 FFP；

d）采用无血液预充时，宜使用胶体液，有助于维持患儿胶体渗透压和减少异体输血；

e）宜在体外循环中行传统超滤，或在体外循环后行 5 min 以上的改良超滤，以提升患儿 Hb 水平。”

“10.2.4 宜使用术中回收式自体输血。宜用无菌生理盐水将体外循环管路中的存留血液进行冲洗、回收，经血液回收机洗涤后回输给患儿。”

“10.2.5 术中宜采取以下抗凝及监测措施：

a）充分的抗凝对保证体外循环期间患儿安全和避免消耗性凝血至关重要。肝素初始剂量宜为 400 U/kg，在体外循环过程中宜维持激活全血凝固时间>480 s。对于非抗凝血酶缺乏的肝素耐药患儿，宜追加肝素 100 U/kg；对抗凝血酶缺乏的肝素耐药患儿，宜输注抗凝血酶药品或 FFP 10 mL/kg；

b）在体外循环结束中和肝素时，鱼精蛋白用量与肝素总用量的比例不宜超过 1∶1，首次鱼精蛋白剂量宜为总量的 50%，防止过量的鱼精蛋白抑制患儿凝血和血小板功能。”

“10.2.6 经使用鱼精蛋白拮抗后仍出血较多时，宜使用血栓弹力图评估止凝血状态，以指导治疗。”

2.2 说明和解读

对于需要体外循环的心脏手术，血液及抗凝管理是患者管理的关键部分，原因包括：体外循环期间需要全身充分抗凝，而体外循环脱机后需要逆转抗凝，体外循环管路液体预充会引起血液稀释，体外循环期间会发生纤维蛋白溶解、血小板功能障碍、凝血因子消耗和全身低体温，以及心脏和大血管的手术期间可能失血[13-14]。术中患儿的血液管理措施主要包括以下几点。

2.2.1 外科精细止血

避免意外性出血和精细止血是有效减少术中出血和异体输血的关键。非体外循环冠状动脉旁路移植术、微创心脏手术、介入治疗手术等较体外循环下传统或开放式手术在减少出血和异体输血方面有诸多优势，但需要严格选择适应证和保证疗效[15]。

2.2.2 抗纤溶药物

抗纤溶药物包括抑肽酶和赖氨酸类似物。抑肽酶是一种具有多种作用的丝氨酸蛋白酶，其最显著的作用是作为直接的纤溶酶抑制剂。赖氨酸类似物包括 ε-氨基己酸（epsilon-aminocaproic acid, EACA）、氨甲环酸（tranexamic acid, TXA），可作为纤溶酶原的竞争性抑制剂。一项比较 TXA 与安慰剂的系统回顾和荟萃分析显示，预防性给予 TXA 可减少接受复杂手术的紫绀型心脏病患儿的输血需要和术后出血量[16]。关于比较 EACA 和安慰剂的研究也报道了类似的结果[17]。抑肽酶也能减少儿科心脏手术后失血和输血，其在成人患者中使用可能出现包括急性肾损伤在内的不良后果，但在儿童中还未有此类报道。赖氨酸类似物在接受心脏手术患儿中的神经安全性尚未得到充分的研究。迄今为止，只有少数回顾性研究表明大剂量 TXA 与临床癫痫发作发生率之间存在关联。Kratzer 等[18]认为高剂量的 TXA 通过与大脑中赖氨酸结合位点结合，拮抗抑制性 γ-氨基丁酸神经递质，从而增强神经元兴奋。Lecker 等[19]的研究表明 TXA 抑制神经甘氨酸受体，这些受体功能降低是癫痫发作的一个确定原因。因此，不建议使用大剂量的赖氨酸类似物（EACA 或 TXA）。根据现有文献，≤1 岁的患儿可使用 30 mg/kg 的 TXA 负荷剂量，然后按 10 mg/（kg·h）持续输注，而>1 岁的患儿可使用 10 mg/kg 的 TXA 负荷剂量，然后按 10 mg/（kg·h）持续输注，直至手术结束[20]。对于 EACA，建议先给药 40 mg/kg，然后再按 30 mg/（kg·h）给药[20]。

2.2.3 体外循环期间目标 Hct

早期体外循环手术中常通过血液稀释来减少红细胞输注需求和改善微循环流量，目标 Hct 水平在 15%~20% 之间。

然而，在该做法持续了几十年后，研究发现患者术后认知障碍发生率增加，血液稀释对脑血流的潜在不良影响是灌注压改变和动脉血氧含量降低致氧输送减少，从而导致神经认知后遗症[21]。一项前瞻性随机对照试验将接受双心室修复的9月龄以下的婴儿在低温体外循环手术中随机分为两种血液稀释方案，目标Hct水平约为20% vs 30%，结果显示低Hct组心脏指数显著降低，体外循环后60 min乳酸水平较高，术后第1天体内水分比例更高；两组患者输血及不良事件相似，然而在1岁时，低Hct组精神运动发育得分明显较低[22]。另一项前瞻性随机对照试验比较了接受双心室（但不包括主动脉弓）修复的婴儿目标Hct水平为25% vs 35%的临床结局，结果显示Hct 25%组液体正平衡更多，但血液成分输血、不良事件和发育结局无显著差异[23]。另一项研究对上述两项试验的数据进行了分析，结果显示，体外循环期间保持Hct >25%具有更好的包括神经系统发育在内的结局指标[24]。

体外循环相关的血液稀释程度越大，红细胞输注的风险越大。减少管道初始体积的血液稀释，从而维持目标Hct和减少红细胞输注的一种方法是采用更小预充量的迷你体外循环管路[25]。迷你体外循环管路还可以减少由血液管路界面接触引起的炎症和凝血功能障碍，有助于避免血小板聚集激活，减少血浆和血小板成分的输注。

2.2.4 预充液　一些医疗机构在体外循环预充液中使用FFP来预防体外循环相关的凝血异常和体外循环后出血，但是并无高质量证据支持该做法。一项前瞻性随机对照试验比较了1~16岁儿童使用20%白蛋白（50~100 mL）或FFP（1~2单位）预充时的血液学结果和临床结局，肝素逆转后，FFP组止血试验立即改善，但是24 h内两组间的差异无统计学意义[26]。一些医疗机构在新生儿的预充液中使用FFP以提高纤维蛋白原水平[27]。2015年发表的Cochrane综述纳入了4项成人心脏手术中使用FFP预充的试验，发现无证据支持预防性FFP输注[28]。目前，不同医疗机构使用的预充液差异较大，需要更多的研究来确定儿童患者最佳的体外循环预充成分。

无血浆预充液可分为晶体液（例如生理盐水和乳酸林格液）和胶体液（例如白蛋白、明胶或羟乙基淀粉）。Riegger等[29]将68例接受心脏手术、需要体外循环的<14 kg的患儿随机分为接受5%白蛋白预充液或晶体预充液两组。在体外循环结束时，白蛋白组患儿为体液负平衡，而晶体液组患儿为体液正平衡，白蛋白组患儿的血清白蛋白和胶体渗透压明显升高，术后体重增加较少。多项研究表明，人工胶体液羟乙基淀粉作为预充液与白蛋白相比，对患儿的血流动力学、血管活性药物和肌力药物的使用、血液丢失、红细胞输注和肾功能等方面的影响均没有显著差异[30-32]。基于上述研究，NATA指南推荐接受心脏手术患儿采用无血浆预充时，宜优先使用胶体液[4]。

2.2.5 超滤　超滤是一种血液滤过技术，它使血液通过半透膜过滤器，并根据跨膜压力梯度去除水、电解质和其他小分子物质。传统超滤在体外循环期间进行，而改良超滤是在体外循环停机后进行。改良超滤已被证明可以提高血浆蛋白浓度，减少术后出血和降低输血需求。一些研究探讨了两种技术的疗效。Williams等[33]的研究表明，改良超滤和传统超滤相结合，相对于单独使用任何一种技术，在患者结局方面都没有额外的获益。一项对现有随机对照试验的荟萃分析表明，与传统超滤相比，改良超滤的临床益处有限，对术后失血、呼吸机使用时间和重症监护病房的住院时间没有影响[34]。以上研究表明，改良超滤和传统超滤都可以改善体外循环后的临床状况。

2.2.6 回收式自体输血　一些荟萃分析已证明回收式自体输血在减少成人心脏手术围手术期输血需求方面的有效性，但在儿科人群中证据水平较低。由于在儿科心脏手术中采集的血液量低，许多血液回收装置不能充分处理血液。随着技术的进步，血液回收在新生儿和婴儿中也变得可行，血液回收装置在儿科心脏手术中的使用目前已更加普遍，但仅有2项随机临床试验证明了其在儿科心脏手术中的获益[35-36]。此外，积极回收体外循环管道中剩余的血液可减少患儿的输血量。

2.2.7 抗凝及监测　通过使抗凝血酶的作用增强10 000倍，肝素可抑制凝血酶和Xa因子，也激活内源性凝血因子。肝素的初始剂量通常为300~400 U/kg。400 U/kg的肝素已被证明在婴儿和儿童中可充分延长活化凝血时间>480 s[37]。使用FFP、浓缩抗凝血酶或重组人抗凝血酶替代治疗可能改善抗凝血管理，但尚无研究评估在接受心脏手术的新生儿和儿童中补充抗凝血酶的有效性和安全性。

患儿体外循环停机后，应给予鱼精蛋白中和

肝素。鱼精蛋白的剂量通常根据体外循环期间肝素的总剂量调整。大多数中心使用鱼精蛋白与肝素的比例为1∶1，鱼精蛋白的剂量也可以根据肝素浓度监测来调整[38]。

由于体外循环期间使用肝素保持血液不凝固，常规的凝血试验不适用。此外，这些试验检测的血浆不含血小板，无法对凝血进行全面评估（未评估血小板数量、功能和纤溶功能）。血栓黏弹性试验（如ROTEM或TEG）已被越来越多地使用，并在围手术期出血的成年患者中显示出实用性[39]。使用TEG/ROTEM早期（凝血后5 min）参数可以预测儿童血凝块形成的质量[40]。在接受心脏手术的儿童中，血栓黏弹性试验和常规凝血试验之间存在良好的相关性[41]。

3 关于术后患者血液管理措施的说明和解读

3.1 《指南》条款

《指南》关于一般重症的条款如下。

“10.3.1 红细胞输注适应证”

“10.3.1.1 宜结合患儿疾病类型、术后临床症状和体征、实验室检查结果等综合评估是否需要输注红细胞。”

“10.3.1.2 对于接受先天性心脏病手术的新生儿，当其术后Hb<110 g/L时，宜给予输注红细胞。”

“10.3.1.3 对于接受简单畸形心脏病手术的除新生儿以外的其他患儿，当其术后Hb<80 g/L时，宜给予输注红细胞。”

“10.3.1.4 对于接受复杂畸形心脏病（包括合并心功能不全及肺动脉高压）手术，或者接受姑息性心脏病手术的除新生儿以外的其他患儿，当其术后Hb≤100 g/L时，宜给予输注红细胞。”

“10.3.2 血小板输注适应证”

“体外循环结束中和肝素后，患儿出血较多，血小板计数<100×10^9/L时，宜给予输注血小板。宜及时评估患儿的血小板功能，当血小板功能低下时，宜适当提高血小板输血阈值。”

“10.3.3 FFP输注适应证”

“患儿发生出血，且凝血酶原时间和/或活化部分凝血酶原时间>参考区间中点值的1.5倍，或国际标准化比值>1.5，或血栓弹力图提示患儿存在凝血因子缺乏时，宜给予输注FFP。”

“10.3.4 纤维蛋白原补充适应证”

“患儿发生出血，且血浆Fib<1.5 g/L和/或存在纤维蛋白原功能低下时，宜给予输注冷沉淀凝血因子或纤维蛋白原药品。无冷沉淀凝血因子或纤维蛋白原药品可用时，可给予输注FFP。”

“10.3.5 减少医源性失血”

“宜减少采集患儿血液标本的量和频率，采用小容量采血管、合并检测管及床旁检测。”

3.2 说明和解读

鉴于患儿红细胞输注的预后较差，宜采用相对严格的输血指征。临床实践中宜综合考虑实验室检查结果、患儿病情、影响患儿Hb水平和凝血功能的因素，以及手术操作与患儿对并发症的耐受能力等，实施个体化输血策略。术后患者血液管理措施主要包括以下几点。

3.2.1 红细胞输注

4项研究对心脏手术患儿术后采用严紧和宽松输血策略进行了比较。TRIPICU研究中，心脏病患儿的亚组分析显示，125例病情稳定的非新生儿、无紫绀患儿术后，采用宽松输血阈值（Hb 95 g/L）与严紧输血阈值（Hb 70 g/L）的两组患儿器官功能异常的发生率没有明显差异[42]。一项研究对非新生儿、无紫绀心脏手术患儿采用严紧输血（Hb 80 g/L）或者宽松输血（Hb 108 g/L）策略作了比较，严紧输血组住院时间更短，提示以Hb 80 g/L作为整个围手术期的输血阈值是安全的，但仍不清楚对于病情不稳定的无紫绀患儿是否需要采用更高的输血阈值[43]。在一项小规模（60例）单心室患儿的术后研究中，随机分配30例患儿采用严紧输血（Hb 90 g/L）、30例患儿采用宽松输血（Hb 130 g/L）策略，两组患儿在乳酸浓度、动静脉和脑动脉血氧含量和住院日方面没有显著差异[44]，提示在病情稳定的紫绀患儿心脏手术后，采用Hb 90 g/L为输血阈值可能是安全的，但是由于研究病例数少，不足以支持给出推荐意见。另一项单中心前瞻性试验比较了双心室修复手术严紧输血（Hb 70 g/L）和宽松输血（Hb 90 g/L）策略以及姑息性手术严紧输血（Hb 90 g/L）和宽松输血（Hb 120 g/L）策略，结果显示，对于双心室修复和姑息性手术，严紧输血组和宽松输血组的乳酸平均值、峰值和清除率、动静脉氧差和临床预后均无显著差异[45]。

3.2.2 血小板输注

接受心脏手术的婴儿和儿童的血小板计数和功能受体外循环持续时间和血液稀释程度的影响。此外，低温还可引起血小板

功能障碍。研究表明，体外循环对血小板数量和功能的影响与年龄有关，与年龄较大的儿童相比，新生儿和婴儿体外循环后血小板功能障碍（激活或低反应性）更明显。没有研究评估血小板输注对心脏手术儿童术后出血的影响，因此，对心脏手术患儿血小板输注的推荐与成人心脏手术患者血液指南[46]和英国小儿输血指南[12]的主要推荐一致。

3.2.3 纤维蛋白原补充　血浆纤维蛋白原降低与婴幼儿心脏手术后早期失血有关。纤维蛋白原可通过冷沉淀凝血因子或纤维蛋白原浓缩物进行补充。FFP也含有纤维蛋白原，但其含量不足以改善儿童低纤维蛋白原。一项前瞻性随机研究评估了纤维蛋白原药品治疗小儿心脏手术期间急性获得性低纤维蛋白原血症的疗效，结果显示纤维蛋白原药品组与冷沉淀凝血因子组患儿48 h失血量差异无统计学意义。治疗后，两组患儿的血浆纤维蛋白原浓度升高幅度相似，异体输血率无差异[47]。纤维蛋白原药品是一种经巴氏灭菌的血浆衍生产品，可将输血传播疾病的风险降至最低，是一种安全的冷沉淀凝血因子替代品。

3.2.4 减少医源性失血　术后护理中减少采血和血液浪费并非仅在心脏手术患儿中要求。危重患者每天的抽血次数和抽血量增加，并与红细胞输注量的增加有关。留置动脉和中心静脉置管会增加采血频率、采血量和丢弃血液的量。使用小容量采血管、床旁检测、封闭采样系统、取消“每日固定”的实验室检测申请，以及医护人员教育，都是经过验证的可减少血液浪费和采血量的有效措施。采用封闭式采样系统可显著减少血液浪费。危重新生儿和婴儿最容易发生医源性失血，其中<10 kg的新生儿和婴儿采血次数最多，医源性失血量最大。有必要进一步研究术后血液保护策略，以发现可以保护患者血量、预防医源性贫血和减少术后输血次数的其他方法[4]。

4　结语与展望

血液成分输注在儿童先天性心脏病的手术治疗中仍扮演着关键角色，且目前尚无有效的替代疗法。由于心功能异常和血氧饱和度的波动，此类患儿更易出现贫血和失血症状。在手术前后，尤其是针对特定心脏病变的治疗过程中，心脏形态和生理状态的显著变化使得从现有文献中推断出确切的贫血耐受性或输血阈值变得极为困难。此外，贫血、输血、氧输送、氧利用以及临床预后之间的复杂相互作用机制尚未完全阐明，亟待进一步深入研究。

尽管面临诸多挑战，临床医生做出输血决策时仍需审慎权衡，以规避严重输血相关并发症的风险。应避免仅依据Hb水平决定输血，并尽可能采取血液保护策略。对于特定心肺疾病患儿群体（如单心室、心肌功能障碍、肺动脉高压等），现有指导输血的数据较为有限，而这些患儿因贫血和红细胞输注本身带来的问题，使氧输送受损的风险尤为突出。因此，针对这些心脏病亚群的婴幼儿的输血管理，也是目前临床面临的挑战，需要进行前瞻性研究。

作者贡献声明：黄蓉负责数据分析、论文撰写；赵明一、杨明华、竺晓凡、卢俊、徐晓军、袁天明、张蓉、王旭、王静、黑明燕、何庆南、邵智利负责文章的学术性和专业性校对；郭永建、郭佳、吴心音、陈佳睿、陈琦蓉负责指导证据检索和证据评价过程；桂嵘、刘晋萍负责文章的构思、指导修改与定稿。

利益冲突声明：所有作者均声明无利益冲突。

［参　考　文　献］

[1] Despotis GJ, Gravlee G, Filos K, et al. Anticoagulation monitoring during cardiac surgery: a review of current and emerging techniques[J]. Anesthesiology, 1999, 91(4): 1122-1151. PMID: 10519514. DOI: 10.1097/00000542-199910000-00031.

[2] Paparella D, Brister SJ, Buchanan MR. Coagulation disorders of cardiopulmonary bypass: a review[J]. Intensive Care Med, 2004, 30(10): 1873-1881. PMID: 15278267. DOI: 10.1007/s00134-004-2388-0.

[3] 中华人民共和国国家卫生健康委员会法规司. 关于发布《输血相容性检测标准》等3项推荐性卫生行业标准的通告: 国卫通〔2022〕1号 [EB/OL]. (2022-02-23) [2022-09-01]. https://www.nhc.gov.cn/fzs/c100048/202202/fc6310d72212427c9f5ef2f7f0166aac.shtml.

[4] Faraoni D, Meier J, New HV, et al. Patient blood management for neonates and children undergoing cardiac surgery: 2019 NATA guidelines[J]. J Cardiothorac Vasc Anesth, 2019, 33(12): 3249-3263. PMID: 31076306. DOI: 10.1053/j.jvca.2019.03.036.

[5] Goobie SM, Faraoni D, Zurakowski D, et al. Association of preoperative anemia with postoperative mortality in neonates[J]. JAMA Pediatr, 2016, 170(9): 855-862. PMID: 27428875. DOI: 10.1001/jamapediatrics.2016.1032.

[6] Faraoni D, DiNardo JA, Goobie SM. Relationship between preoperative anemia and in-hospital mortality in children undergoing noncardiac surgery[J]. Anesth Analg, 2016, 123(6): 1582-1587. PMID: 27870741. DOI: 10.1213/ANE.0000000000001499.

[7] Mulaj M, Faraoni D, Willems A, et al. Predictive factors for red blood cell transfusion in children undergoing noncomplex cardiac surgery[J]. Ann Thorac Surg, 2014, 98(2): 662-667. PMID: 24968768. DOI: 10.1016/j.athoracsur.2014.04.089.

[8] Park SK, Hur M, Kim E, et al. Risk factors for acute kidney injury after congenital cardiac surgery in infants and children: a retrospective observational study[J]. PLoS One, 2016, 11(11): e0166328. PMID: 27832187. PMCID: PMC5104485. DOI: 10.1371/journal.pone.0166328.

[9] Williams GD, Bratton SL, Ramamoorthy C. Factors associated with blood loss and blood product transfusions: a multivariate analysis in children after open-heart surgery[J]. Anesth Analg, 1999, 89(1): 57-64. PMID: 10389779. DOI: 10.1097/00000539-199907000-00011.

[10] Moganasundram S, Hunt BJ, Sykes K, et al. The relationship among thromboelastography, hemostatic variables, and bleeding after cardiopulmonary bypass surgery in children[J]. Anesth Analg, 2010, 110(4): 995-1002. PMID: 20142345. DOI: 10.1213/ANE.0b013e3181cd6d20.

[11] Hayashi T, Sakurai Y, Fukuda K, et al. Correlations between global clotting function tests, duration of operation, and postoperative chest tube drainage in pediatric cardiac surgery[J]. Paediatr Anaesth, 2011, 21(8): 865-871. PMID: 21251146. DOI: 10.1111/j.1460-9592.2011.03524.x.

[12] New HV, Berryman J, Bolton-Maggs PH, et al. Guidelines on transfusion for fetuses, neonates and older children[J]. Br J Haematol, 2016, 175(5): 784-828. PMID: 27861734. DOI: 10.1111/bjh.14233.

[13] Sniecinski RM, Chandler WL. Activation of the hemostatic system during cardiopulmonary bypass[J]. Anesth Analg, 2011, 113(6): 1319-1333. PMID: 22003219. DOI: 10.1213/ANE.0b013e3182354b7e.

[14] Despotis GJ, Avidan MS, Hogue CW. Mechanisms and attenuation of hemostatic activation during extracorporeal circulation[J]. Ann Thorac Surg, 2001, 72(5): S1821-S1831. PMID: 11722116. DOI: 10.1016/s0003-4975(01)03211-8.

[15] 中国心胸血管麻醉学会血液管理分会 . 心血管手术患者血液管理专家共识[J]. 中国输血杂志, 2018, 31(4): 321-325. DOI: 10.13303/j.cjbt.issn.1004-549x.2018.04.001.

[16] Faraoni D, Willems A, Melot C, et al. Efficacy of tranexamic acid in paediatric cardiac surgery: a systematic review and meta-analysis[J]. Eur J Cardiothorac Surg, 2012, 42(5): 781-786. PMID: 22531271. DOI: 10.1093/ejcts/ezs127.

[17] Eaton MP. Antifibrinolytic therapy in surgery for congenital heart disease[J]. Anesth Analg, 2008, 106(4): 1087-1100. PMID: 18349177. DOI: 10.1213/ane.0b013e3181679555.

[18] Kratzer S, Irl H, Mattusch C, et al. Tranexamic acid impairs γ-aminobutyric acid receptor type A-mediated synaptic transmission in the murine amygdala: a potential mechanism for drug-induced seizures? [J]. Anesthesiology, 2014, 120(3): 639-649. PMID: 24335749. DOI: 10.1097/ALN.0000000000000103.

[19] Lecker I, Wang DS, Romaschin AD, et al. Tranexamic acid concentrations associated with human seizures inhibit glycine receptors[J]. J Clin Invest, 2012, 122(12): 4654-4666. PMID: 23187124. PMCID: PMC3533541. DOI: 10.1172/JCI63375.

[20] Faraoni D, Rahe C, Cybulski KA. Use of antifibrinolytics in pediatric cardiac surgery: Where are we now? [J]. Paediatr Anaesth, 2019, 29(5): 435-440. PMID: 30365221. DOI: 10.1111/pan.13533.

[21] Shin'oka T, Shum-Tim D, Jonas RA, et al. Higher hematocrit improves cerebral outcome after deep hypothermic circulatory arrest[J]. J Thorac Cardiovasc Surg, 1996, 112(6): 1610-1620; discussion 1620-1621. PMID: 8975853. DOI: 10.1016/S0022-5223(96)70020-X.

[22] Jonas RA, Wypij D, Roth SJ, et al. The influence of hemodilution on outcome after hypothermic cardiopulmonary bypass: results of a randomized trial in infants[J]. J Thorac Cardiovasc Surg, 2003, 126(6): 1765-1774. PMID: 14688685. DOI: 10.1016/j.jtcvs.2003.04.003.

[23] Newburger JW, Jonas RA, Soul J, et al. Randomized trial of hematocrit 25% versus 35% during hypothermic cardiopulmonary bypass in infant heart surgery[J]. J Thorac Cardiovasc Surg, 2008, 135(2): 347-354. e4. PMID: 18242267. DOI: 10.1016/j.jtcvs.2007.01.051.

[24] Wypij D, Jonas RA, Bellinger DC, et al. The effect of hematocrit during hypothermic cardiopulmonary bypass in infant heart surgery: results from the combined Boston hematocrit trials[J]. J Thorac Cardiovasc Surg, 2008, 135(2): 355-360. PMID: 18242268. DOI: 10.1016/j.jtcvs.2007.03.067.

[25] Redlin M, Huebler M, Boettcher W, et al. Minimizing intraoperative hemodilution by use of a very low priming volume cardiopulmonary bypass in neonates with transposition of the great arteries[J]. J Thorac Cardiovasc Surg, 2011, 142(4): 875-881. PMID: 21570096. DOI: 10.1016/j.jtcvs.2011.01.068.

[26] Lee JW, Yoo YC, Park HK, et al. Fresh frozen plasma in pump priming for congenital heart surgery: evaluation of effects on postoperative coagulation profiles using a fibrinogen assay and rotational thromboelastometry[J]. Yonsei Med J, 2013, 54(3): 752-762. PMID: 23549826. PMCID: PMC3635629. DOI: 10.3349/ymj.2013.54.3.752.

[27] Faraoni D, Van der Linden P. Factors affecting postoperative blood loss in children undergoing cardiac surgery[J]. J Cardiothorac Surg, 2014, 9: 32. PMID: 24512988. PMCID: PMC3924411. DOI: 10.1186/1749-8090-9-32.

[28] Desborough M, Sandu R, Brunskill SJ, et al. Fresh frozen plasma for cardiovascular surgery[J]. Cochrane Database Syst Rev, 2015, 2015(7): CD007614. PMID: 26171897. PMCID: PMC8406941. DOI: 10.1002/14651858.CD007614.pub2.

[29] Riegger LQ, Voepel-Lewis T, Kulik TJ, et al. Albumin versus crystalloid prime solution for cardiopulmonary bypass in young children[J]. Crit Care Med, 2002, 30(12): 2649-2654. PMID:

12483054. DOI: 10.1097/00003246-200212000-00007.

[30] Hanart C, Khalife M, De Villé A, et al. Perioperative volume replacement in children undergoing cardiac surgery: albumin versus hydroxyethyl starch 130/0.4[J]. Crit Care Med, 2009, 37 (2): 696-701. PMID: 19114887.
DOI: 10.1097/CCM.0b013e3181958c81.

[31] Van der Linden P, De Villé A, Hofer A, et al. Six percent hydroxyethyl starch 130/0.4 (Voluven®) versus 5% human serum albumin for volume replacement therapy during elective open-heart surgery in pediatric patients[J]. Anesthesiology, 2013, 119(6): 1296-1309. PMID: 23934169.
DOI: 10.1097/ALN.0b013e3182a6b387.

[32] Van der Linden P, Dumoulin M, Van Lerberghe C, et al. Efficacy and safety of 6% hydroxyethyl starch 130/0.4 (Voluven) for perioperative volume replacement in children undergoing cardiac surgery: a propensity-matched analysis[J]. Crit Care, 2015, 19(1): 87. PMID: 25886765. PMCID: PMC4376346.
DOI: 10.1186/s13054-015-0830-z.

[33] Williams GD, Ramamoorthy C, Chu L, et al. Modified and conventional ultrafiltration during pediatric cardiac surgery: clinical outcomes compared[J]. J Thorac Cardiovasc Surg, 2006, 132(6): 1291-1298. PMID: 17140945.
DOI: 10.1016/j.jtcvs.2006.05.059.

[34] Kuratani N, Bunsangjaroen P, Srimueang T, et al. Modified versus conventional ultrafiltration in pediatric cardiac surgery: a meta-analysis of randomized controlled trials comparing clinical outcome parameters[J]. J Thorac Cardiovasc Surg, 2011, 142(4): 861-867. PMID: 21549396. DOI: 10.1016/j.jtcvs.2011.04.001.

[35] Golab HD, Takkenberg JJ, van Gerner-Weelink GL, et al. Effects of cardiopulmonary bypass circuit reduction and residual volume salvage on allogeneic transfusion requirements in infants undergoing cardiac surgery[J]. Interact Cardiovasc Thorac Surg, 2007, 6(3): 335-339. PMID: 17669859.
DOI: 10.1510/icvts.2006.141226.

[36] Cholette JM, Powers KS, Alfieris GM, et al. Transfusion of cell saver salvaged blood in neonates and infants undergoing open heart surgery significantly reduces RBC and coagulant product transfusions and donor exposures: results of a prospective, randomized, clinical trial[J]. Pediatr Crit Care Med, 2013, 14(2): 137-147. PMID: 23287903. PMCID: PMC3671922.
DOI: 10.1097/PCC.0b013e31826e741c.

[37] Guzzetta NA, Miller BE, Todd K, et al. An evaluation of the effects of a standard heparin dose on thrombin inhibition during cardiopulmonary bypass in neonates[J]. Anesth Analg, 2005, 100(5): 1276-1282. PMID: 15845669.
DOI: 10.1213/01.ANE.0000149590.59294.3A.

[38] Gruenwald CE, Manlhiot C, Chan AK, et al. Randomized, controlled trial of individualized heparin and protamine management in infants undergoing cardiac surgery with cardiopulmonary bypass[J]. J Am Coll Cardiol, 2010, 56(22): 1794-1802. PMID: 21087706. DOI: 10.1016/j.jacc.2010.06.046.

[39] Kozek-Langenecker SA, Ahmed AB, Afshari A, et al. Management of severe perioperative bleeding: guidelines from the European Society of Anaesthesiology: first update 2016[J]. Eur J Anaesthesiol, 2017, 34(6): 332-395. PMID: 28459785. DOI: 10.1097/EJA.0000000000000630.

[40] Perez-Ferrer A, Vicente-Sanchez J, Carceles-Baron MD, et al. Early thromboelastometry variables predict maximum clot firmness in children undergoing cardiac and non-cardiac surgery[J]. Br J Anaesth, 2015, 115(6): 896-902. PMID: 26582850.
DOI: 10.1093/bja/aev369.

[41] Pekelharing J, Furck A, Banya W, et al. Comparison between thromboelastography and conventional coagulation tests after cardiopulmonary bypass surgery in the paediatric intensive care unit[J]. Int J Lab Hematol, 2014, 36(4): 465-471. PMID: 24325756. DOI: 10.1111/ijlh.12171.

[42] Willems A, Harrington K, Lacroix J, et al. Comparison of two red-cell transfusion strategies after pediatric cardiac surgery: a subgroup analysis[J]. Crit Care Med, 2010, 38(2): 649-656. PMID: 19789443. DOI: 10.1097/CCM.0b013e3181bc816c.

[43] de Gast-Bakker DH, de Wilde RB, Hazekamp MG, et al. Safety and effects of two red blood cell transfusion strategies in pediatric cardiac surgery patients: a randomized controlled trial[J]. Intensive Care Med, 2013, 39(11): 2011-2019. PMID: 23995984.
DOI: 10.1007/s00134-013-3085-7.

[44] Cholette JM, Rubenstein JS, Alfieris GM, et al. Children with single-ventricle physiology do not benefit from higher hemoglobin levels post cavopulmonary connection: results of a prospective, randomized, controlled trial of a restrictive versus liberal red-cell transfusion strategy[J]. Pediatr Crit Care Med, 2011, 12(1): 39-45. PMID: 20495502.
DOI: 10.1097/PCC.0b013e3181e329db.

[45] Cholette JM, Swartz MF, Rubenstein J, et al. Outcomes using a conservative versus liberal red blood cell transfusion strategy in infants requiring cardiac operation[J]. Ann Thorac Surg, 2017, 103(1): 206-214. PMID: 27496630.
DOI: 10.1016/j.athoracsur.2016.05.049.

[46] Task Force on Patient Blood Management for Adult Cardiac Surgery of the European Association for Cardio-Thoracic Surgery (EACTS) and the European Association of Cardiothoracic Anaesthesiology (EACTA), Boer C, Meesters MI, et al. 2017 EACTS/EACTA guidelines on patient blood management for adult cardiac surgery[J]. J Cardiothorac Vasc Anesth, 2018, 32(1): 88-120. PMID: 29029990.
DOI: 10.1053/j.jvca.2017.06.026.

[47] Galas FR, de Almeida JP, Fukushima JT, et al. Hemostatic effects of fibrinogen concentrate compared with cryoprecipitate in children after cardiac surgery: a randomized pilot trial[J]. J Thorac Cardiovasc Surg, 2014, 148(4): 1647-1655. PMID: 24951020. DOI: 10.1016/j.jtcvs.2014.04.029.

（本文编辑：张辉）

（版权所有©2025 中国当代儿科杂志）