

限制性输血与自由输血策略对小儿心脏手术后病死率影响的 Meta 分析

张慧 吴耀华 郝泉水

黄冈市中心医院麻醉科,湖北黄冈 438000

通信作者:郝泉水,Email:haoquanshui@163.com

【摘要】目的 采用 Meta 分析评价限制性输血与自由输血策略对接受心脏手术患儿病死率的影响。**方法** 计算机检索美国国立医学图书馆 PubMed 数据库、荷兰医学文摘 Embase 数据库、科学网(Web of Science)、中国生物医学文献服务系统(SinoMed)、维普、中国知网及万方数据库中有关小儿心脏术中接受输血治疗的随机对照试验(RCT),检索时间均从建库至 2021 年 7 月。由 2 名研究者按照纳入排除标准筛选文献、提取资料,2 名评价员独立对纳入文献的质量进行评价,采用 RevMan 5.3 进行 Meta 分析。比较限制性输血与自由输血策略对小儿心脏术后 30 d 病死率、小儿重症监护病房(PICU)住院时间、总住院时间、脉搏血氧饱和度(SpO₂)和动脉血氧分压(PaO₂)影响的差异;并基于 30 d 病死率绘制漏斗图分析发表偏倚。**结果** 最终纳入 5 个 RCT 共 497 例患者。Meta 分析结果显示,限制性输血与自由输血策略术后 30 d 病死率[相对危险度(RR)=1.06,95%可信区间(95%CI)为 0.45~2.50,P=0.89]、总住院时间[均数差(MD)=0.82,95%CI 为 -0.41~2.06,P=0.19]、SpO₂(MD=-1.35,95%CI 为 -3.58~0.88,P=0.23)和 PaO₂(MD=-3.18,95%CI 为 -9.32~2.97,P=0.58)比较差异均无统计学意义;但采用限制性输血策略术后 PICU 住院时间较自由输血策略明显延长(MD=0.35,95%CI 为 0.13~0.57,P=0.002)。绘制漏斗图对术后 30 d 病死率进行发表偏倚定性分析,结果显示,各文献两侧分布对称,表明文献发表偏倚对研究结果的影响较小。**结论** 小儿心脏手术围术期采用限制性输血和自由输血策略对预后影响无显著差异,但限制输血会延长 PICU 的住院时间。

【关键词】 输血; 小儿心脏手术; 病死率; Meta 分析

基金项目:湖北省卫生健康科研项目(WJ2021M084);湖北省黄冈市科技计划项目(XQY2019000014)

DOI: 10.3969/j.issn.1008-9691.2022.03.011

Meta-analysis on effect of restrictive blood transfusion versus liberal blood transfusion strategy on postoperative mortality of pediatric patients undergoing cardiac surgery

Zhang Hui, Wu Yaohua, Hao Quanshui

Department of Anesthesiology, Huanggang Central Hospital, Huanggang 438000, Hubei, China

Corresponding author: Hao Quanshui, Email: haoquanshui@163.com

【Abstract】Objective To evaluate the effect of restrictive blood transfusion versus liberal blood transfusion strategy on mortality of pediatric patients undergoing cardiac surgery by using Meta-analysis. **Methods** A computer was used to retrieve literatures regarding randomized controlled clinical trials (RCT) including restrictive blood transfusion compared to liberal blood transfusion for pediatric patients undergoing cardiac surgery from PubMed database of US National Library of Medicine, Embase database of Netherlands Medical Abstract, Web of Science, Chinese Biomedical Literature Service System (SinoMed), VIP, China National Knowledge Internet (CNKI) and Wanfang databases in the periods from their years of establishment up to July 2021. The literature screening, data extraction and inclusion bias evaluation were independently conducted by 2 evaluators according to the quality inclusion and exclusion criteria. Then, RevMan 5.3 was used for Meta-analysis. The differences in patients outcomes of 30-day mortality after surgery, pediatric intensive care unit (PICU) retention time, total length of hospital stay, the levels of pulse oxygen saturation (SpO₂) and arterial partial pressure of oxygen (PaO₂) with restrictive or liberal transfusion strategy were compared. Based on the outcome of 30-day mortality after surgery, a funnel plot was drawn to detect publication bias. **Results** Five RCT studies involving 497 patients were finally included in this Meta-analysis. The Meta-analysis results showed no significant difference in the restrictive blood transfusion group and liberal blood transfusion group regarding the 30-day mortality after surgery [risk ratio (RR) = 1.06, 95% confidence interval (95%CI) was 0.45-2.50, P = 0.89], total length of hospital stay [mean difference (MD) = 0.82, 95%CI was -0.41 to 2.06, P = 0.19], SpO₂ (MD = -1.35, 95%CI was -3.58 to 0.88, P = 0.23) and PaO₂ (MD = -3.18, 95%CI was -9.32 to 2.97, P = 0.58), but PICU retention time after surgery in the restrictive blood transfusion group was significantly longer than that of liberal blood transfusion group (MD = 0.35, 95%CI was 0.13-0.57, P = 0.002). A funnel plot was drawn for qualitative analysis of publication bias on the 30-day mortality after surgery. The results showed that the distribution of each literature was symmetrical on both sides, indicating that the publication bias had little influence on the study results. **Conclusion** There is no significant difference between the effect of using restricted blood transfusion and that of using liberal blood transfusion in the perioperative period on the prognosis, but application of restrictive blood transfusion strategy can prolong the retention time of PICU after surgery.

【Key words】 Blood transfusion; Pediatric cardiac surgery; Mortality; Meta-analysis

Fund program: Hubei Provincial Health Scientific Research Fund Project of China (WJ2021M084); Science and Technology Planning Project of Huanggang, Hubei Province of China (XQY2019000014)

DOI: 10.3969/j.issn.1008-9691.2022.03.011

心脏手术后贫血较常见,并且与术后并发症的发生和病死率显著增加有关^[1-2]。输注红细胞(red blood cell transfusion, RBC)可以挽救严重贫血患者的生命,围手术期输注 RBC 的目的是改善贫血患者的氧气输送^[3]。术后超过 50% 的患者接受输血,术后输血占用了相当大比例的血液供应^[4]。然而, RBC 输注与危重患者的高病死率和并发症发生率有关^[5]。与输血相关的传染性和非传染性风险支持一些临床环境中的限制性输血策略^[6]。然而,心脏手术患儿的输血阈值尚无准确标准,何种输血策略更有助于患儿预后与转归尚无定论。目前小儿心脏手术围术期 RBC 输注的限制性策略和开放性策略对术后结局的影响仍不清楚^[7-8]。本研究的目的是评估限制性 RBC 输注与自由 RBC 输注对接受心脏手术患儿预后的影响,以期为临床实践提供依据。

1 资料与方法

1.1 文献检索策略:以“红细胞输注”“输血”“心脏手术”“心脏外科”“小儿”为中文检索词检索中国生物医学文献服务系统(Chinese Biomedical Literature Service System, SinoMed)、维普、中国知网及万方数据库,采用自由词与主题词相结合的方式;以“red blood cell transfusion”“red cell transfusion”“RBC transfusion”“PRBC transfusion”“RBC”“restrictive”“liberal”“cardiac surgery”“heart surgery”“cardiovascular surgery”“cardiothoracic surgery”“coronary artery bypass”“CABG”“aortic surgery”“mitral surgery”“heart valve surgery”“child”“toddler”“infant”“clinical trial”为英文检索词检索美国国立医学图书馆 PubMed 数据库、荷兰医学文摘 Embase 数据库、科学网(Web of Science),检索时间均从建库至 2021 年 7 月,无语种限制。同时检索已纳入文献的参考文献,以获取未检索到的相关信息。

1.2 文献纳入与排除标准

1.2.1 纳入标准:① 研究对象:接受心脏手术的患儿,年龄<18 岁;② 干预措施:限制性输血组和自由输血组分别接受相应的 RBC 输注方式;③ 研究设计:随机对照试验(randomized controlled trial, RCT);④ 主要结局指标:30 d 病死率,次要结局指标为儿童重症监护病房(pediatric intensive care unit,

PICU)滞留时间、总住院时间和输血后氧合标志物。

1.2.2 排除标准:① 非 RCT;② 数据重复文献;③ 成人心脏手术。

1.3 资料提取和质量评价:文献筛选由 2 名评价者独立进行,首先通过阅读文题、摘要,排除明显不符合纳入标准的文献,对于难以判断的通过详细阅读全文进行,所有文献是否纳入由 2 名评价者共同决定,如有不同意见通过讨论或提请第 3 人决定。对符合纳入标准的研究按统一表格提取以下信息:文题、作者、时间、纳入病例数、输血策略、结局指标等。对于每项纳入的研究,使用 Cochrane Collaboration 的偏倚风险工具评估方法学质量。如有 2 名作者使用这种方法则对每个试验的项目进行独立筛选、审查和评分。评分或提取数据的分歧由第 3 名评审员解决。

1.4 统计学分析:采用 Cochrane 协作网提供的 RevMan 5.3 软件进行 Meta 分析。当 2 项或多项试验报告了任何给定的结果时,就进行荟萃分析。各纳入研究结果间的异质性采用 χ^2 检验和 I^2 检验。计算 I^2 系数以评估异质性为低($<50\%$)、中($50\% \sim 74\%$)和高($>75\%$),当各研究间无统计学异质性($P \geq 0.1, I^2 \leq 50\%$)则采用固定效应模型对各研究进行分析;如各研究间存在统计学异质性($P < 0.1, I^2 > 50\%$),分析异质性的潜在来源,若无明显临床异质性,可谨慎采用随机效应模型进行 Meta 分析,研究中二分类变量使用相对危险度(risk ratio, RR)作为效应尺度,连续性变量以均数差(mean difference, MD)表示。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 文献筛选结果:共检索到相关文献 1 778 篇。经过筛选,剔除无关文献,纳入 Meta 分析的文献共 5 篇^[9-13],均为英文文献,包括 497 例患者。

2.2 文献质量评价结果:所有研究的基线资料均有可比性,纳入研究的一般特征见表 1。① 在随机分配方法方面,4 项研究^[10-13]为低偏倚均描述随机方法;② 在分配隐藏方面,2 项研究^[9-10]未描述,纳入研究^[11, 13]为高偏倚;③ 从文中提供信息可以判断对数据进行了完整的报道,但均无法判断是否选择性报告研究结果及是否有其他偏倚来源。纳入研究

的质量评价见表 2。

2.3 Meta 分析结果

2.3.1 术后 30 d 病死率(图 1):5 项研究^[9-13](497 例)报告了术后 30 d 病死率,各研究组间无统计学异质性($I^2=0\%$, $P=0.87$),故采用固定效应模型进行合并分析。Meta 分析结果显示:限制性输血组与自由输血组术后 30 d 病死率相当,差异无统计学意义($RR=1.06$, $95\%CI$ 为 $0.45 \sim 2.50$, $P=0.89$)。

2.3.2 PICU 住院时间(图 2):5 项研究^[9-13](497 例)报告了 PICU 住院时间,各研究组间无统计学异质

性($I^2=0\%$, $P=0.93$),故采用固定效应模型进行合并分析。Meta 分析结果显示:与自由输血组比较,限制性输血组 PICU 住院时间较长,差异有统计学意义($MD=0.35$, $95\%CI$ 为 $0.13 \sim 0.57$, $P=0.002$)。

2.3.3 总住院时间(图 3):4 项研究^[9-12](364 例)报告了总住院时间,各研究组间无统计学异质性($I^2=0\%$, $P=0.46$),故采用固定效应模型进行合并分析。Meta 分析结果显示:限制性输血组与自由输血组术后总住院时间相当,差异无统计学意义($MD=0.82$, $95\%CI$ 为 $-0.41 \sim 2.06$, $P=0.19$)。

表 1 限制性输血与自由输血策略对心脏术后患儿病死率影响的 Meta 分析纳入研究的一般特征

| 纳入研究 | 发表时间 (年) | 例数(例) | | 年龄[月,范围/ $\bar{x} \pm s$] $M(Q_L, Q_U)$ | 输血阈值(g/L) | | 结局 指标 |
|----------------------------------|-------------|--------|-------|---|-----------|-------|----------|
| | | 限制性输血组 | 自由输血组 | | 限制性输血组 | 自由输血组 | |
| Chkhaidez 等 ^[9] | 2013 | 23 | 20 | 12 ~ 84 | 90 | 120 | ①②③ |
| Cholette 等 ^[10] | 2011 | 30 | 30 | 27 ± 23 | 90 | 130 | ①②③④ |
| Cholette 等 ^[11] | 2017 | 82 | 80 | 1.4(0.1 ~ 24.0) | 70 | 95 | ①②③ |
| de Gast-Bakker 等 ^[12] | 2013 | 53 | 54 | 9.5(3.6 ~ 30.4) | 80 | 108 | ①②③ |
| Willems 等 ^[13] | 2010 | 63 | 62 | 31.4 ± 38.1 | 70 | 95 | ③④ |

注:①为术后 30 d 病死率,②为 PICU 住院时间,③为总住院时间,④为氧合标志物

表 2 限制性输血与自由输血策略对心脏术后患儿病死率影响的 Meta 分析纳入研究的质量评价

| 纳入研究 | 随机分配 方法 | 分配 隐藏 | 是否采用 盲法 | 结果数据的 完整性 | 选择性报告 研究结果 | 其他偏倚 来源 |
|----------------------------------|------------|----------|------------|--------------|---------------|------------|
| Chkhaidez 等 ^[9] | 未描述 | 未描述 | 低偏倚风险 | 未描述 | 低偏倚风险 | 高偏倚风险 |
| Cholette 等 ^[10] | 低偏倚风险 | 未描述 | 未描述 | 低偏倚风险 | 低偏倚风险 | 低偏倚风险 |
| Cholette 等 ^[11] | 低偏倚风险 | 高偏倚风险 | 低偏倚风险 | 低偏倚风险 | 低偏倚风险 | 低偏倚风险 |
| de Gast-Bakker 等 ^[12] | 低偏倚风险 | 低偏倚风险 | 低偏倚风险 | 低偏倚风险 | 低偏倚风险 | 低偏倚风险 |
| Willems 等 ^[13] | 低偏倚风险 | 高偏倚风险 | 低偏倚风险 | 低偏倚风险 | 低偏倚风险 | 高偏倚风险 |

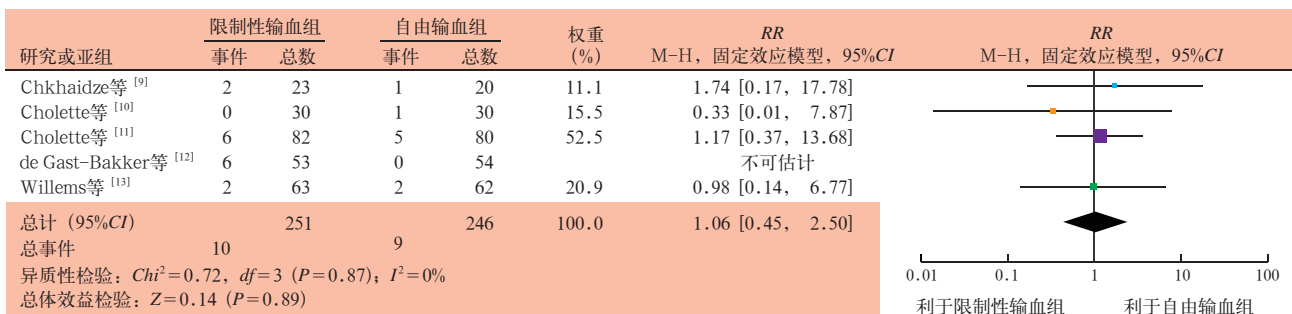


图 1 限制性输血与自由输血策略对心脏术后患儿 30 d 病死率影响的 Meta 分析

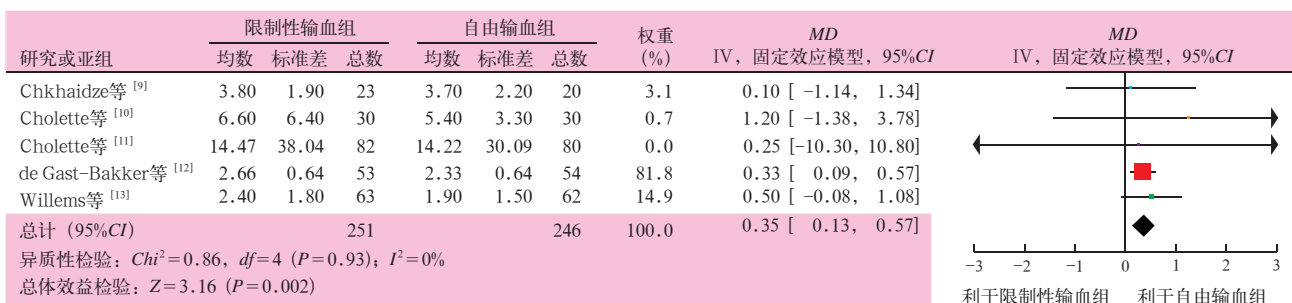


图 2 限制性输血与自由输血策略对心脏术后患儿 PICU 住院时间影响的 Meta 分析

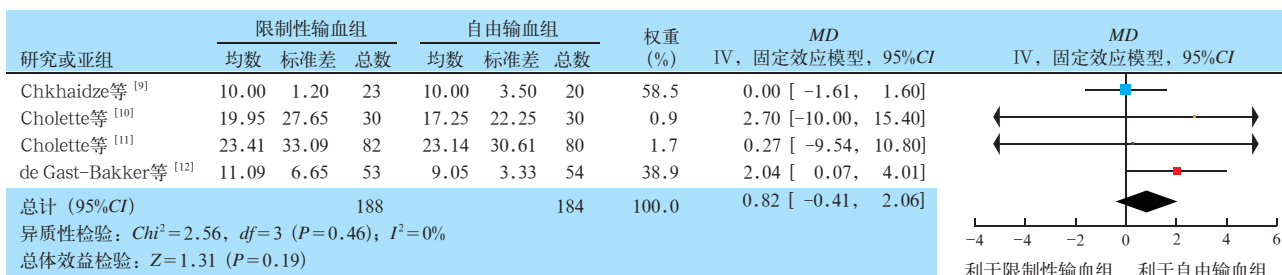


图3 限制性输血与自由输血策略对心脏术后患儿总住院时间影响的 Meta 分析

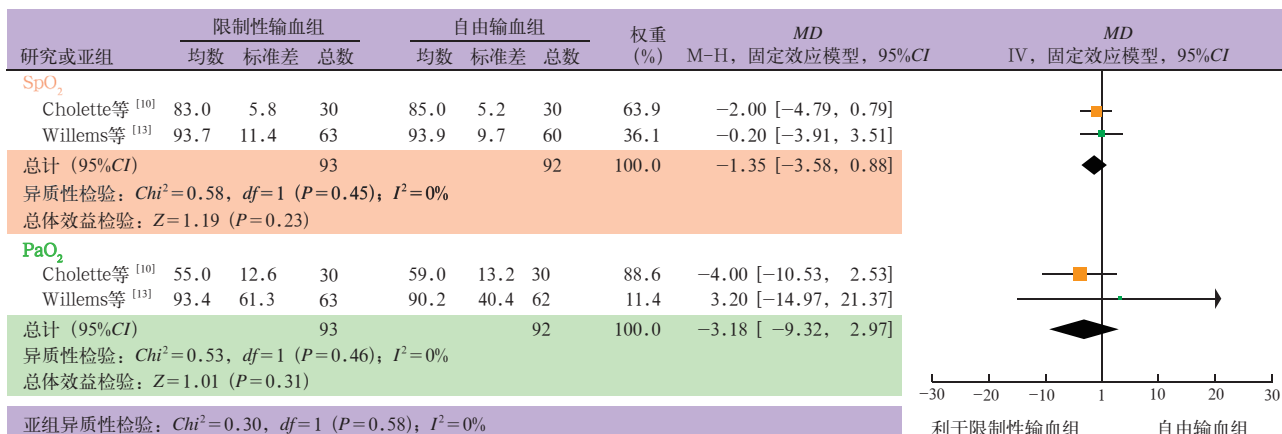


图4 限制性输血与自由输血策略对心脏术后患儿 SpO₂ 和 PaO₂ 影响的 Meta 分析

2.3.4 氧合标志物 (图 4): 2 项研究^[10, 13] (185 例) 报告了输血后脉搏血氧饱和度 (pulse oxygen saturation, SpO₂) 与动脉血氧分压 (arterial partial pressure of oxygen, PaO₂), 各研究组间无统计学异质性 ($I^2=0%$, $P=0.45$; $I^2=0%$, $P=0.46$), 故采用固定效应模型进行合并分析。Meta 分析结果显示: 限制性输血组与自由输血组输血后 SpO₂ 与 PaO₂ 相当, 差异均无统计学意义 (MD 分别为 -1.35 和 -3.18, 95%CI 分别为 -3.58 ~ 0.88 和 -9.32 ~ 2.97, P 值分别为 0.23 和 0.58)。

2.4 敏感性与发表偏倚性分析 (图 5): 本次 Meta 分析对于有明显异质性的研究进行了敏感性分析。结果显示, 本研究纳入的各项研究组间异质性较低, 未进行敏感性分析。用漏斗图对术后 30 d 病死率进行发表偏倚定性分析, 结果显示, 各文献两侧分布对称, 说明文献发表偏倚对研究结果的影响较小。

3 讨论

有研究表明, 输血相关并发症已成为围术期病死率增加的高危因素^[14]。相关指南指出, 输注 RBC 的血红蛋白 (hemoglobin, Hb) 阈值如下: Hb > 100 g/L, 不宜输注; Hb < 70 g/L, 宜输注; Hb 70 ~ 100 g/L, 宜根据患者年龄、出血量、出血速度、心肺功能及有

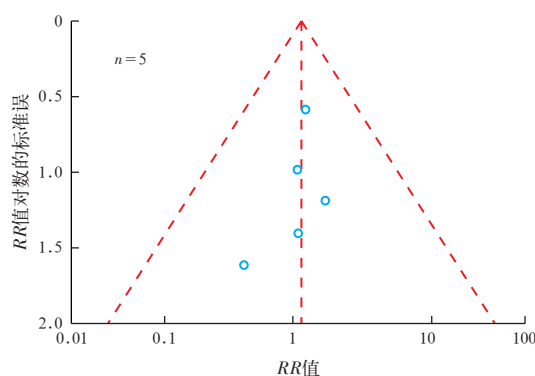


图5 限制性输血与自由输血策略对心脏术后患儿 30 d 病死率影响的 Meta 分析纳入文献发表偏倚漏斗图

无缺氧症状等因素综合判断是否输注^[15]。然而, 70 ~ 100 g/L 无客观性指标予以界定, 对于 Hb 水平介于 70 ~ 100 g/L 的患者而言, 该采用开放性还是限制性输血目前仍存在争议。本次 Meta 分析共纳入 5 项研究, 大部分研究在各方面均为低偏倚, 因此文献质量较高。尽管已经发表了输血与心脏手术预后的系统评价, 但研究对象均为成人^[16], 该 Meta 分析首次评价了 RBC 输注对心脏手术患儿预后的影响, 结果表明, 限制性输血策略导致的 RBC 输注频率低于自由输血策略, 其生化指标和临床结果与自由输血策略相比差异无统计学意义。在成人中, 限制性输血策

略可显著节约成本并降低不良事件的发生率^[17-18]。最近一项基于观察性研究的荟萃分析表明,限制性 RBC 输注并不影响患者临床转归^[19-20],但在心脏手术中 RCT 研究中仍有争议。有研究表明,儿童心脏术后输注 RBC 与较差的临床结果相关,由于这些文献主要是观察性研究,研究结果证据等级不高^[21-22]。在先天性心脏病患者中,RBC 的输注因诊断/形态学特征、程序和机构的不同而有很大差异^[23]。本研究运用系统评价的方法,全面总结了小儿心脏手术中输血管管理的研究,提高了证据等级。与成人不同的是,儿科患者的年龄和体质量差异很大,接受先天性心脏病的年轻患者由于对贫血损伤的敏感性相对较高,因此输血需求有增加的趋势^[24]。

本次 Meta 分析最大限度地减少了偏倚,但也存在一定的局限性。首先,与成人心脏手术中的类似研究相比,小儿心脏手术中的外科血液管理研究较少。尤其是该研究领域的的数据有限,符合纳入标准的研究数量少,样本量较小。其次,尽管本次 Meta 分析中的统计学异质性很低,但患者特征(如病变类型、体质量和年龄)有显著差异。为了使研究更加一致,本次 Meta 分析只对术后情况进行了研究,这进一步减少了研究的数量。最后,纳入的研究未考虑脑代谢和神经发育等结果。因此,需要更多的多中心临床 RCT 来验证结果,并确定儿科心脏病患者 RBC 输注对预后的影响。在后期的研究中,建议加强观察输注 RBC 对患儿脑代谢和神经发育等方面转归的影响。

综上所述,小儿心脏手术围术期采用限制性和自由输血策略对预后影响差异无统计学意义。由于纳入研究较少,样本量较少,需更多 RCT 进一步证实,临床应谨慎对待本研究的结论。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

- [1] Hung M, Ortmann E, Besser M, et al. A prospective observational cohort study to identify the causes of anaemia and association with outcome in cardiac surgical patients [J]. *Heart*, 2015, 101 (2): 107-112. DOI: 10.1136/heartjnl-2014-305856.
- [2] Murphy GJ, Pike K, Rogers CA, et al. Liberal or restrictive transfusion after cardiac surgery [J]. *N Engl J Med*, 2015, 372 (11): 997-1008. DOI: 10.1056/NEJMoa1403612.
- [3] Padmanabhan H, Brookes MJ, Nevill AM, et al. Association between anemia and blood transfusion with long-term mortality after cardiac surgery [J]. *Ann Thorac Surg*, 2019, 108 (3): 687-692. DOI: 10.1016/j.athoracsur.2019.04.044.
- [4] Tibi P, McClure RS, Huang JP, et al. STS/SCA/AmSECT/SABM update to the clinical practice guidelines on patient blood management [J]. *J Extra Corpor Technol*, 2021, 53 (2): 97-124. DOI: 10.1182/ject-2100053.
- [5] 许亚亚,王丽阳,李婉红,等.输血与ICU患者病死率的关系研究[J].中国中西医结合急救杂志,2020,27(1):97-100. DOI: 10.3969/j.issn.1008-9691.2020.01.027.
- [6] Boer C, Meesters MI, Milojevic M, et al. 2017 EACTS/EACTA Guidelines on patient blood management for adult cardiac surgery [J]. *J Cardiothorac Vasc Anesth*, 2018, 32 (1): 88-120. DOI: 10.1053/j.jvca.2017.06.026.
- [7] 王璐,张瑞冬.醋酸钠林格液用于发绀型先天性心脏病患儿围手术期容量治疗的效果评价[J].中华危重病急救医学,2019,31(3):363-366. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2019.03.021.
- [8] 龚晨晨,刘旭,唐艳,等.心脏外科术后重症患者预后危险因素分析:一项连续5年的回顾性研究[J].中华危重病急救医学,2019,31(7):873-877. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2019.07.015.
- [9] Chkhaidze M, Metreveli I, Tsitsadze A. Comparison of two RBC transfusion strategies in pediatric cardiac surgery patients [J]. *Eur J Anaesthesiol*, 2014, 31: 92.
- [10] Cholette JM, Rubenstein JS, Alfieri 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. DOI: 10.1097/PCC.0b013e3181e329db.
- [11] 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. DOI: 10.1016/j.athoracsur.2016.05.049.
- [12] 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. DOI: 10.1007/s00134-013-3085-7.
- [13] 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. DOI: 10.1097/CCM.0b013e3181bc816c.
- [14] Wu WC, Schiffner TL, Henderson WG, et al. Preoperative hematocrit levels and postoperative outcomes in older patients undergoing noncardiac surgery [J]. *JAMA*, 2007, 297 (22): 2481-2488. DOI: 10.1001/jama.297.22.2481.
- [15] Retter A, Wyncoll D, Pearse R, et al. Guidelines on the management of anaemia and red cell transfusion in adult critically ill patients [J]. *Br J Haematol*, 2013, 160 (4): 445-464. DOI: 10.1111/bjh.12143.
- [16] Chen QH, Wang HL, Liu L, et al. Effects of restrictive red blood cell transfusion on the prognoses of adult patients undergoing cardiac surgery: a meta-analysis of randomized controlled trials [J]. *Crit Care*, 2018, 22 (1): 142. DOI: 10.1186/s13054-018-2062-5.
- [17] Tempe DK, Khurana P. Optimal blood transfusion practice in cardiac surgery [J]. *J Cardiothorac Vasc Anesth*, 2018, 32 (6): 2743-2745. DOI: 10.1053/j.jvca.2018.05.051.
- [18] 郭珊,王试福,庞永川,等.人工胶体预结对5~8 kg先天性心脏病患儿体外循环术后凝血及肾功能的影响[J].中国中西医结合急救杂志,2021,28(3):307-311. DOI: 10.3969/j.issn.1008-9691.2021.03.012.
- [19] Ranucci M, Pazzaglia A, Bianchini C, et al. Body size, gender, and transfusions as determinants of outcome after coronary operations [J]. *Ann Thorac Surg*, 2008, 85 (2): 481-486. DOI: 10.1016/j.athoracsur.2007.10.014.
- [20] Habib RH, Zacharias A, Schwann TA, et al. Role of hemodilutional anemia and transfusion during cardiopulmonary bypass in renal injury after coronary revascularization: implications on operative outcome [J]. *Crit Care Med*, 2005, 33 (8): 1749-1756. DOI: 10.1097/01.ccm.0000171531.06133.b0.
- [21] Demaret P, Tucci M, Ducruet T, et al. Red blood cell transfusion in critically ill children (CME) [J]. *Transfusion*, 2014, 54 (2): 365-375; quiz 364. DOI: 10.1111/trf.12261.
- [22] Tremblay-Roy JS, Poirier N, Ducruet T, et al. Red blood cell transfusion in the postoperative care of pediatric cardiac surgery: survey on stated practice [J]. *Pediatr Cardiol*, 2016, 37 (7): 1266-1273. DOI: 10.1007/s00246-016-1427-2.
- [23] Jenkins KJ, Gauvreau K. Center-specific differences in mortality: preliminary analyses using the risk adjustment in congenital heart surgery (RACHS-1) method [J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2002, 124 (1): 97-104. DOI: 10.1067/mtc.2002.122311.
- [24] Neunhoeffer F, Hofbeck M, Schuhmann MU, et al. Cerebral oxygen metabolism before and after rbc transfusion in infants following major surgical procedures [J]. *Pediatr Crit Care Med*, 2018, 19 (4): 318-327. DOI: 10.1097/PCC.0000000000001483.

(收稿日期:2021-07-28)