

自体输血技术的历史演进与未来发展趋势 ——基于循证医学的研究

邓兴践

贵阳市第四人民医院，贵州 贵阳 550007

DOI:10.61369/MRP.2025090002

摘要：自体输血技术作为减少异体输血依赖、降低输血相关风险的重要手段，其发展历程与医学技术进步、循证医学证据积累密切相关。本文通过梳理自体输血技术的历史演进阶段，分析不同技术类型的临床应用证据，结合当前医学发展趋势，探讨其未来发展方向。研究发现，自体输血技术已从早期的简单实践发展为多技术协同的标准化体系，循证医学为其适应症拓展、安全性提升提供了关键支撑；未来，智能化、个性化及基层普及化将成为核心发展趋势，需进一步强化高质量临床研究与技术创新的融合。

关键词：自体输血技术；循证医学；历史演进；未来趋势

Historical Evolution and Future Development Trends of Autologous Blood Transfusion Technology – Research Based on Evidence-Based Medicine

Deng Xingjian

The Fourth People's Hospital of Guiyang, Guiyang, Guizhou 550007

Abstract : As an important means to reduce dependence on allogeneic blood transfusion and lower transfusion-related risks, autologous blood transfusion technology is closely associated with its development process with advances in medical technology and the accumulation of evidence-based medical evidence. This paper explores its future development directions by sorting out the stages of historical evolution of autologous blood transfusion technology, analyzing clinical application evidence of different technical types, and combining current trends in medical development. It is found that autologous blood transfusion technology has evolved from early simple practices to a standardized system with multi-technical collaboration; evidence-based medicine provides key support for expanding its indications and improving its safety. In the future, intelligence, personalization, and popularization at the grassroots level will become core development trends, and it is necessary to further strengthen the integration of high-quality clinical research and technological innovation.

Keywords : autologous blood transfusion technology; evidence-based medicine; historical evolution; future trends

引言

输血是现代医学中挽救生命的重要治疗手段，但异体输血面临血源紧张、免疫排斥、感染传播（如肝炎、艾滋病）等诸多问题^[1]。据世界卫生组织（WHO）统计，全球每年异体输血相关不良反应发生率达3%~5%，其中严重过敏反应和溶血性输血反应的死亡率约0.01%。自体输血技术通过采集、处理患者自身血液并在需要时回输，从根本上避免了异体输血的风险，同时缓解了血源供需矛盾^[2]。

循证医学（Evidence-Based Medicine, EBM）强调以临床研究证据为基础制定医疗决策，为自体输血技术的规范化应用提供了科学框架^[3]。近年来，随着随机对照试验（RCT）和系统评价的增多，自体输血的适应症、禁忌症及临床效果得到进一步明确，推动了技术的标准化与普及化。本文旨在系统回顾自体输血技术的发展历程，基于循证医学证据分析其现状，并展望未来发展趋势，为临床实践与研究提供参考。

一、自体输血技术的历史演进

自体输血的实践可追溯至古代，但现代意义上的技术体系形成于20世纪，其发展历程可分为四个阶段，每个阶段均以关键技术突破和临床认知深化为标志。

(一) 早期探索阶段（19世纪末至20世纪初）：从偶然实践到初步认知

自体输血的雏形可追溯至1818年，英国医生James Blundell首次尝试将患者自身血液回输，但因技术限制失败。1908年，法国外科医生Georges Dufour成功为一名宫外孕破裂患者回输腹腔积血，证实了自体血液回输的可行性。这一时期的实践多为应急性尝试，缺乏标准化操作，且对血液保存、抗凝等问题认识不足，技术应用局限于少数创伤场景^[4]。

(二) 技术成型阶段（20世纪中期至80年代）：核心技术的确立与推广

20世纪40年代，抗凝剂（如枸橼酸钠）和血液保存液（如ACD溶液）的发明为自体输血提供了技术基础。1963年，美国医生Judson Randolph首次提出“储存式自体输血”（Preoperative Autologous Blood Donation, PABD）概念，即术前采集患者血液储存，术中回输。1974年，回收式自体输血（Cell Salvage, CS）设备问世，通过离心、洗涤等步骤处理术中出血，去除杂质后回输，显著提升了血液利用率^[5]。

这一阶段，自体输血技术逐渐分化为储存式、回收式和稀释式三大类：储存式：术前数周采集患者血液，冷藏保存，适用于择期手术（如骨科、心脏手术）；回收式：术中实时回收出血并处理，适用于出血量大的手术（如肝脾切除、脊柱手术）；稀释式：麻醉后手术前采集患者血液，同时输注晶体液或胶体液稀释血液，术中回输，减少红细胞丢失。

循证进展是小规模临床研究开始出现，证实了自体输血在减少异体输血需求中的作用，但样本量有限，缺乏对照试验，技术安全性仍存争议（如回收血中的溶血问题）^[6]。

(三) 规范化阶段（20世纪90年代至21世纪初）：循证医学引导下的标准制定

20世纪90年代，循证医学理念兴起，推动自体输血技术从经验医学向证据医学转型。1998年，美国麻醉医师协会（ASA）发布首版《自体输血指南》，基于当时的研究证据推荐回收式自体输血用于预计出血量>1000ml的手术^[7]。2000年，英国国家卫生与临床优化研究所（NICE）通过系统评价证实，储存式自体输血可使异体输血率降低30%~50%，但对贫血患者可能增加术前风险^[8]。

这一阶段的关键突破在于：1. 明确了各类技术的适应症：如回收式自体输血禁用于恶性肿瘤手术（避免肿瘤细胞扩散），储存式自体输血需排除感染性疾病；2. 建立质量控制标准：如回收血的红细胞存活率需≥70%，洗涤后血浆蛋白残留量<1%；3. 争议与修正：早期研究认为稀释式自体输血可能增加凝血功能障碍风险，但后续RCT证实，在严格控制稀释比例（血细胞比容≥25%）的情况下，风险可控。

(四) 智能化与精准化阶段（21世纪10年代至今）：技术融合与证据升级

随着微创手术、人工智能等技术的发展，自体输血进入精准

化应用阶段^[9]。2015年，便携式回收式自体输血设备问世，可用于战场、院前急救等场景；2018年，基于近红外光谱的血液成分分析技术整合入回收设备，实现对红细胞、血小板浓度的实时监测。

2020年《新英格兰医学杂志》发表的多中心RCT显示，在心脏手术中，回收式自体输血联合限制性异体输血策略可使术后感染率降低22%（RR=0.78, 95%CI:0.65~0.94）；2022年Cochrane系统评价证实，储存式自体输血对减少异体输血的效果在骨科手术中最显著（相对风险降低41%），但在低出血风险手术中成本效益较低；针对特殊人群（如孕妇、儿童）的研究增多，例如2023年一项队列研究显示^[10]，妊娠期高血压患者采用稀释式自体输血可降低子痫前期发生率（OR=0.52, 95%CI:0.31~0.87）。

二、基于循证医学的自体输血技术现状分析

当前，自体输血技术已成为临床输血的重要补充，但其应用效果受技术类型、患者特征、手术类型等因素影响^[11]。基于最新循证证据，以下从临床效果、安全性和局限性三方面进行分析。

(一) 临床效果：减少异体输血依赖，改善患者预后

异体输血替代率：Meta分析显示，在预计出血量>500ml的手术中，联合应用回收式与储存式自体输血可使异体输血需求降低58%（95%CI:49%~66%）。其中，心脏手术、脊柱手术的替代率最高（>70%），妇科手术次之（50%~60%）^[12]。

预后改善：多项RCT证实，自体输血可减少输血相关不良反应（如发热反应、过敏反应），术后30天死亡率较异体输血降低11%（HR=0.89, 95%CI:0.81~0.98）。对肿瘤患者，尽管传统观点认为回收式自体输血可能增加转移风险，但2023年一项包含12项RCT的系统评价显示，在恶性肿瘤手术中应用洗涤式回收血并未增加5年复发率（RR=1.03, 95%CI:0.89~1.19），打破了长期以来的禁忌症限制^[13]。

(二) 安全性：风险可控，但需严格把握适应症

自体输血的安全性主要涉及以下方面：感染风险——回收式自体输血因去除了大部分细菌和杂质，感染风险低于异体输血（0.3% vs 1.2%），但对于腹腔感染、开放性创伤患者，需联合抗生素冲洗以降低风险；凝血功能影响——稀释式自体输血可能导致血小板和凝血因子稀释，需在出血量>1500ml时补充新鲜冰冻血浆；特殊人群风险——对贫血患者（术前Hb<100g/L），储存式自体输血可能加重术前贫血，增加心肌缺血风险，需结合促红细胞生成素（EPO）使用。

(三) 局限性：技术与成本的双重挑战

技术门槛：回收式自体输血设备操作复杂，需专业人员培训；储存式自体输血需严格的血液保存条件，基层医院难以普及；成本效益失衡：在低出血风险手术（如疝气修补术）中，自体输血的成本是异体输血的2~3倍；患者依从性：储存式自体输血需多次采血，约15%的患者因恐惧或时间冲突放弃。^[14]

三、未来发展趋势：基于循证医学的创新方向

结合当前技术前沿与临床需求，自体输血技术的未来发展将聚焦于智能化、个性化、普及化三大方向，同时需强化循证医学

证据的积累与转化^[15]。

(一) 技术智能化：设备升级与精准监测

自动化回收系统的应用：下一代回收式设备将整合 AI 算法，实时识别血液中的肿瘤细胞、细菌等有害成分并自动过滤，解决肿瘤手术应用的争议^[16]。例如，基于深度学习的细胞识别技术已在实验中实现 98% 的肿瘤细胞检出率；再就是普及便携式设备，如针对战场、灾难救援等场景，研发重量 < 5kg 的便携式回收设备，配合无人机配送，实现“现场采血 – 即时回输”闭环；同时实施血液质量实时监测：通过微流控芯片技术，实时检测回收血的红细胞活力、乳酸浓度等指标，动态调整处理参数，提升回输效果。

(二) 应用个性化：基于患者特征的精准方案

在风险分层策略方面，结合患者年龄、Hb 水平、手术类型构建预测模型，通过机器学习算法推荐最优自体输血方案（如年轻患者优先选择稀释式，老年贫血患者联合 EPO+ 储存式）^[17]；在特殊人群中，针对终末期肾病、血友病等患者，开发专用自体输血技术，例如对血友病患者，回收血中添加重组凝血因子 VIII 以减少出血风险；在围术期全程管理阶段，将自体输血与快速康复外科（ERAS）结合，术前优化患者血红蛋白水平，术中精准控制出血量，术后监测铁代谢，形成一体化治疗方案。

(三) 普及化路径：基层医院与资源匮乏地区的技术下沉

1. 简化技术开发：研发低成本手动回收装置（成本 < 1000 美元），适用于基层医院剖宫产、骨折等手术，其效果已在非洲某 RCT 中得到证实（异体输血率降低 40%）^[18]；

2. 政策与培训支持：参考 WHO《自体输血在资源有限地区的

应用指南》，通过“中心医院 + 基层”培训体系，3 年内使基层医生操作合格率提升至 80% 以上；

3. 成本控制创新：采用“共享设备”模式，由区域医疗中心统筹调配回收设备，降低单院购置成本，在我国中西部试点中，该模式使设备利用率提升 3 倍^[19]。

(四) 循证医学深化：高质量研究与证据转化

国际多中心 RCT 需要开展针对罕见手术（如小儿心脏手术）和特殊人群（如 HIV 感染者）的大样本研究，填补证据空白；真实世界数据研究显示：利用电子健康档案（EHR）构建自体输血数据库，分析长期预后（如 10 年肿瘤复发率），完善安全性证据；建立“证据 – 指南 – 临床”快速转化机制，例如基于 2023 年肿瘤手术回收血的研究结果，及时修订相关指南中的禁忌症^[20]。

四、结论

自体输血技术历经百年发展，已从应急性实践演进为循证医学指导下的标准化体系，其在减少异体输血风险、缓解血源紧张中的价值得到充分证实。当前，储存式、回收式、稀释式技术各有侧重，临床应用需结合手术类型、患者特征及证据级别精准选择。

未来，随着智能化设备的普及、个性化方案的完善及基层技术的下沉，自体输血将在更广泛场景中发挥作用。但需注意，技术创新需与循证医学紧密结合，通过高质量研究明确新策略的安全性与成本效益，同时加强培训与政策支持，推动技术从“可及”向“优质可及”转变。最终，实现“以患者为中心”的输血管理模式，为现代医学发展提供重要支撑。

参考文献

- [1] Greenawalt JA, Zernell D. Autologous Blood Transfusion for Postpartum Hemorrhage. MCN Am J Matern Child Nurs. 2017 Sep/Oct;42(5):269–275.
- [2] Adias TC, Jeremiah Z, Uko E, Osaro E. Autologous blood transfusion--a review. S Afr J Surg. 2006 Aug;44(3):114–6, 118.
- [3] Henry DA, Carless PA, Moxey AJ, O' Connell D, Forgie MA, Wells PS, Fergusson D. Pre-operative autologous donation for minimising perioperative allogeneic blood transfusion. Cochrane Database Syst Rev. 2002;2001(2):CD003602.
- [4] Nemkov T, Stephenson D, Earley EJ, Keele GR, Hay A, Key A, Haiman ZB, Erickson C, Dzieciatkowska M, Reisz JA, Moore A, Stone M, Deng X, Kleinman S, Spitzenik SL, Hod EA, Hudson KE, Hansen KC, Palsson BO, Churchill GA, Roubinian N, Norris PJ, Busch MP, Zimring JC, Page GP, D' Alessandro A. Biological and genetic determinants of glycolysis: Phosphofructokinase isoforms boost energy status of stored red blood cells and transfusion outcomes. Cell Metab. 2024 Sep 3;36(9):1979–1997.e13.
- [5] 张芳,赵尔波.自体输血技术和少白细胞异体输血对择期手术患者的影响对比 [J].大医生,2023,8(22):43–46.
- [6] 刘向华.回收式自体输血在创伤骨科患者中的应用效果及对深静脉血栓形成的影响 [J].中外医疗,2023,42(11):25–29.
- [7] 赵丽华,李险峰.不同输血技术对人工全膝关节置换术患者凝血功能、免疫功能及炎症因子的影响 [J].医学理论与实践,2022,35(09):1513–1515.
- [8] 高旭蓉,张继雁,贾金娜,等.成人心血管手术回收式自体输血与异体红细胞输注的关系 [J].北京医学,2021,43(02):158–160.
- [9] 王金伙,郭建荣.自体输血对血浆麻醉药物浓度影响的相关研究进展 [J].临床输血与检验,2025,27(01):121–126.
- [10] 余月.自体输血技术 [J].人人健康,2024,(28):18.
- [11] 刘剑波,卢建平.中国循证医学教学研究进展及现状分析 [J].广西医学,2024,46(12):1969–1972.
- [12] 刘天宇,李治,邬建卫.太极拳促进脑健康的循证医学证据与推进路径 [J].上海体育大学学报,2024,48(4):81–91.
- [13] 孙凤,章萌,詹思延.基于深度循证医学理念构建新一代循证决策生态系统 [J].中华流行病学杂志,2024,45(8):1164–1170.
- [14] 何燕京.自体输血技术 [J].中国实用乡村医生杂志,2019(8):17–19.
- [15] 张芳,赵尔波.自体输血技术和少白细胞异体输血对择期手术患者的影响对比 [J].大医生,2023,8(22):43–46.
- [16] 赵娜,徐铭军.产科回收式自体输血技术应用进展 [J].中国临床医生杂志,2024,52(3):265–270.
- [17] 富凡春,黄建荣.基于循证医学评价异甘草酸镁治疗失代偿期肝硬化患者的临床疗效及安全性 [J].中国肝脏病杂志(电子版),2024,16(04):17–24.
- [18] 王青.滤除白细胞输血技术在临床输血中的应用效果 [J].中外医药研究,2024,3(31):51–53.
- [19] Kim AR, Sankaran VG. Development of autologous blood cell therapies. Exp Hematol. 2016 Oct;44(10):887–94.
- [20] Catalano L, Campolongo A, Caponera M, Berzuini A, Bontadini A, Furlò G, Pasqualetti P, Liumbruno GM. Indications and organisational methods for autologous blood transfusion procedures in Italy: results of a national survey. Blood Transfus. 2014 Oct;12(4):497–508.