

中国成人患者围手术期液体治疗临床实践指南(2025 版)

中华医学会麻醉学分会老年人麻醉与围术期管理学组 国家老年麻醉联盟(NAGA)

国家老年疾病临床医学研究中心(宣武医院)

通信作者:王天龙,首都医科大学宣武医院麻醉科,北京 100053, Email: w_tl5595@hotmail.com; 欧阳文,中南大学湘雅三医院麻醉科 湖南省脑稳态重点实验室,长沙 410013, Email: 2685927382@qq.com

【摘要】 液体治疗是围手术期管理的重要内涵及实现加速术后康复的关键。为了规范成人患者围手术期液体治疗,中华医学会麻醉学分会老年人麻醉与围术期管理学组结合我国临床实际,并基于超过 30% 的中国研究者证据制订了《中国成人患者围手术期液体治疗临床实践指南》。本指南涵盖了常见液体类型与选择原则、基于加速康复外科(ERAS)的术前禁食禁饮、成人患者术中液体需要量、围手术期容量评估、围手术期容量过负荷/容量不足、目标导向液体治疗、限制性液体治疗、高危患者围手术期液体治疗、大量失血成年患者的容量复苏、液体治疗策略与术后严重并发症、围手术期液体治疗与 ERAS 等 11 项内容,共 51 条推荐意见,旨在更好地指导成人患者围手术期液体治疗临床实践,改善患者生存质量与术后转归。

【关键词】 成年人; 围手术期液体治疗; 临床实践; 指南

基金项目:科技部国家医学研究中心后补助经费(303-01-001-0272-03);国家重点研发计划(2018YFC2001800)

实践指南注册:国际实践指南注册与透视化平台(PREPARE-2024CN941)

Clinical practice guidelines for perioperative fluid therapy in Chinese adult patients (2025 edition)

Geriatric Anesthesia and Perioperative Management Group of the Chinese Society of Anesthesiology; National Alliance of Geriatric Anesthesia (NAGA); National Clinical Research Center for Geriatric Diseases (Xuanwu Hospital)

Corresponding authors: Wang Tianlong, Department of Anesthesiology, Xuanwu Hospital, Capital Medical University, Beijing 100053, China, Email: w_tl5595@hotmail.com; Ouyang Wen, Department of Anesthesiology, Hunan Province Key Laboratory of Brain Homeostasis, Third Xiangya Hospital, Central South University, Changsha 410013, China, Email: 2685927382@qq.com

【Abstract】 Perioperative fluid therapy is a pivotal component of surgical patient management, as appropriate fluid administration can significantly enhance postoperative recovery. To standardize perioperative fluid therapy for adult patients in China, the Geriatric Anesthesia and Perioperative Management Group of the Chinese Society of Anesthesiology has developed the "Clinical Practice Guidelines for Perioperative Fluid Therapy in Chinese Adult Patients". Based on current clinical status in China, this guideline addressed 11 key areas based on clinical evidence, more than 30% of which is from China researchers, including principles for the selection of common fluid types, preoperative fasting and hydration following enhanced recovery after surgery (ERAS) protocols, intraoperative fluid requirements for adult patients, perioperative volume assessment,

DOI: 10.3760/cma.j.cn112137-20241003-02245

收稿日期 2024-10-03 本文编辑 管文敏、吕相征

引用本文:中华医学会麻醉学分会老年人麻醉与围术期管理学组,国家老年麻醉联盟(NAGA),国家老年疾病临床医学研究中心(宣武医院).中国成人患者围手术期液体治疗临床实践指南(2025 版)[J].中华医学杂志, 2025, 105(2): 128-154. DOI: 10.3760/cma.j.cn112137-20241003-02245.



perioperative evaluation of volume overload/insufficiency, goal-directed fluid therapy, restrictive fluid therapy, perioperative fluid therapy strategies for high-risk patients, fluid resuscitation for massive blood loss, the relationship between perioperative fluid therapy and postoperative complications, and the relationship between perioperative fluid therapy and ERAS. The guideline included 51 evidence-based recommendations aimed at optimizing perioperative fluid management and improving patient outcomes after surgery.

【Key words】 Adult; Perioperative fluid therapy; Clinical practice; Guideline

Fund program: Post-subsidy funds for National Clinical Research Center, Ministry of Science and Technology of China (303-01-001-0272-03); National Key Research and Development Program of China (2018YFC2001800)

Practice guide registration: Practice Guideline Registration for Transparency (PREPARE-2024CN941)

液体治疗是围手术期管理的重要组成部分,其内容包括补充机体正常生理液体需要量以及麻醉和手术所导致的循环血容量改变和液体缺失,维持良好的组织灌注和内环境稳定,避免细胞代谢紊乱和器官功能损伤^[1]。临床上液体输入不足或过量均会增加围手术期并发症发生率,根据患者年龄、一般情况、并存疾病、手术类型、容量状态等,实施合理、个体化的围手术期液体治疗是加速术后康复的关键。液体治疗经历了近 70 年的发展,从最初的“开放性”输液,到“限制性”液体治疗,再到近几年倡导的个体化“液体零平衡”方案,围手术期液体治疗的理念随着大量医学研究证据的不断涌现和临床实践经验的积累而发生演变^[2]。17 年前,中华医学会麻醉学分会遵照循证医学方法,制订了《麻醉手术期间液体治疗专家共识(2007)》^[3]。2023 年起,中华医学会麻醉学分会老年人麻醉与围手术期管理学组遵循《卫生保健实践指南的报告规范》(RIGHT)^[4],基于系统检索和证据评价,结合我国临床实际,制订了中国成人患者围手术期液体治疗临床实践指南。本指南旨在更好地指导成人患者围手术期液体治疗临床实践,规范围手术期液体治疗,减少围手术期并发症发生,改善患者生存质量与术后转归,节省住院费用及医疗成本。

第一部分 指南制订方法学

一、指南制订工作小组和指南制订流程

本指南由首都医科大学宣武医院麻醉手术科和中南大学湘雅三医院麻醉科牵头,联合国内围手术期液体治疗领域知名专家共同制订。指南启动时间为 2023 年 12 月 27 日,定稿时间为 2024 年 9 月 11 日。通过检索文献,并参考既往液体治疗相关共识及指南,指南工作组成员集中讨论,初步确定指南的 11 个选题维度:(1)围手术期成人患者液体

治疗常见液体类型与选择原则;(2)基于加速康复外科(ERAS)的术前禁食禁饮;(3)术中液体需要量;(4)围手术期容量不足评估;(5)围手术期容量过负荷;(6)目标导向液体治疗;(7)限制性液体治疗;(8)高危患者围手术期液体治疗;(9)大量失血成年患者的容量复苏;(10)液体治疗策略与术后严重并发症;(11)围手术期液体治疗与 ERAS。

据此,指南工作组最初拟定了 106 个临床问题,经中华医学会麻醉学分会老年人麻醉与围手术期管理学组共计 35 位专家进行第一轮投票以及全国麻醉与围手术期领域共计 391 位专家进行第二轮投票后,指南工作组成员遵循指南的全面性、科学性和实用性原则,在多次会议讨论下最终遴选出 32 个与成人围手术期液体治疗密切相关的临床问题(附件 1,扫描本文首页二维码可查阅),并最终形成了 51 条推荐意见。

二、指南证据检索

1. 检索数据库:英文数据库包括 PubMed 和 Cochrane Library,中文数据库包括中国知网和万方数据库。

2. 检索策略:中文文献检索词以“围手术期”“术前”“手术”“术中”“液体治疗”“加速康复外科”“禁食”“禁饮”“液体需要量”“容量反应性”“液体反应性”“容量不足”“容量过负荷”“容量评估”“肺水肿”“目标导向液体治疗”“限制性液体治疗”“心脏并发症”“脓毒症”“烧伤”“失血”“肾脏并发症”“切口感染”等为关键词、篇名和(或)摘要进行检索。英文检索词以“perioperative”“preoperative”“intraoperative”“fluid therapy”“liquid therapy”“fluid management”“fasting”“oral intake restriction”“intake of fluid”“drinking”“fluid requirement”“haemorrhage”“fluid volume”“fluid responsiveness”“volume responsiveness”“pulmonary edema”“goal directed fluid therapy”“restrict fluid therapy”

“cardiac complication” “sepsis” “burn” “kidney injury” “incision infection” 等为篇名和(或)摘要进行检索。

纳入综述、指南与共识等三次文献,系统评价/荟萃分析等二次文献,随机对照试验(RCT)、队列研究、病例对照研究等原始研究。文献检索时优先考虑高质量二次研究,包括指南、共识和系统综述。如果二次研究证据提供了针对临床问题的可靠回答,则采用二次研究结果形成证据总结;如果二次研究质量较差,或不足以回答临床问题,则进一步通过二次研究检索相关原始研究。检索时间为2014年1月至2024年9月,检索结果题录下载后导入EXCEL工作表分析文献资料(附件2,扫描本文首页二维码可查阅)。

三、指南文献筛选流程

1. 纳入标准:(1)研究对象为成人手术患者;(2)干预措施为液体治疗。

2. 排除标准:(1)无法获取全文;(2)发表语言非中文或非英文;(3)与主题无关文献;(4)重复文献。

3. 文献检索结果:初步检索到5 419篇文献,依据纳入和排除标准,进一步阅读全文筛选出212篇符合文献。

四、指南制订原则和证据等级分类

本指南的制订遵循RIGHT标准^[4],并参考指南研究与评价Ⅱ(AGREE Ⅱ)工具^[5]和临床实践指南科学性、透明性和适用性评级工具(STAR)^[6]中相关的方法学原则。本指南使用推荐意见分级评价、制定与评估(GRADE)方法对证据体质量和推荐意见强度进行分级^[7],详见表1。

五、指南使用者和目标人群

本指南使用者为对成年患者实施液体治疗的

麻醉科医师、外科医师、重症医师以及其他相关专业人员。

本指南的目标人群为围手术期接受液体治疗的成人患者。

六、利益冲突声明

参与指南撰写和研讨的所有工作组成员均填写了利益冲突声明表,声明与指南不存在直接经济利益冲突。本指南没有接受医药或器械公司任何形式的支持。指南的工作会议、培训和文件管理工作均为工作组成员无偿自愿参与;指南文献筛选、评价、证据提取、系统综述及荟萃分析均由工作组成员完成,文献检索费用和文献筛选、评价证据提取象征性劳务补助由科技部国家医学研究中心后补助经费(303-01-001-0272-03)和国家重点研发计划(2018YFC2001800)资助,推荐意见未受资助影响。本指南不具备强制性,不作为医疗事故鉴定和医学责任认定依据,仅供相关的医护人员参考。

第二部分 液体治疗常见液体类型与选择原则

一、液体治疗常见液体种类

推荐意见 1:围手术期推荐的常用液体治疗种类包括晶体液和胶体液,晶体液包括生理盐水、乳酸钠林格注射液、复方醋酸钠林格注射液、碳酸氢钠林格注射液等;人工胶体液包括羟乙基淀粉、琥珀酰明胶、聚明胶肽、右旋糖酐等;天然胶体液包括白蛋白和血浆等(推荐强度及证据分级:2C)

推荐说明:晶体液可有效补充人体生理液体需要量及电解质,手术出血患者进行液体治疗建议最初使用等渗晶体溶液,但大量输注可能会导致组织间隙水肿及肺水肿等不良反应^[8]。人工胶体液扩容效能理论上可能强于等渗晶体液,但存在凝血功

表1 GRADE 证据质量与推荐强度分级与定义

分级	定义
证据质量分级	
高(A)	非常确信观察值接近真实值
中(B)	对观察值有中等信心,观察值可能接近真实值,但仍有两者存在很大差别的可能性
低(C)	对观察值的信心有限,观察值可能与真实值有较大差别
极低(D)	对观察值几乎没有信心,观察值与真实值可能有很大差别
推荐强度分级	
强(1)	明确显示干预措施利大于弊或弊大于利
弱(2)	利弊关系不确定,或无论质量高低的证据均显示利弊相当
专家建议(3)	基于专家经验形成的推荐

注:GRADE为推荐意见分级评价、制定与评估

能障碍、肾功能损害、过敏等潜在风险;天然胶体具备安全优势,但存在价格昂贵、来源短缺及容易传播血源性疾病等问题^[9]。常用晶体液(附件3-表1)和胶体液(附件3-表2)的成分和属性详见附件3(扫描本文首页二维码可查阅)。

二、液体种类选择原则

推荐意见 2: 根据患者围手术期多方面因素选择液体种类,建议对术中出血低血压患者最初开始使用等渗晶体溶液进行液体治疗;高危患者、高风险手术需大量补充晶体液时,可遵循个体化原则输注晶体液(推荐强度及证据分级:2C)

推荐说明: 患者围手术期液体种类的选择需考虑患者的年龄、病情严重程度、并存伴随疾病等因素。当患者不存在低血容量,仅需要补充功能性细胞外液时,建议采用晶体液补充生理需要量。重症患者中,输注晶体液与胶体液对死亡率的影响差异无统计学意义^[10]。

脓毒症患者早期液体复苏及后续血管容量补充首选晶体液,血管内容量扩充阶段大量使用晶体液时可考虑使用白蛋白。一项纳入 14 项研究 18 916 例患者的荟萃分析表明,脓毒症患者采用平衡晶体液或白蛋白进行液体复苏,相比于其他液体可降低死亡率。淀粉类液体组死亡率高于晶体液组($OR=1.13, 95\%CI: 0.99\sim 1.30$),白蛋白组死亡率低于晶体液组($OR=0.83, 95\%CI: 0.65\sim 1.04$),但差异无统计学意义;白蛋白组死亡率低于淀粉类液体组($OR=0.73, 95\%CI: 0.56\sim 0.95$)^[11]。另一项纳入 58 项研究、26 351 例患者的荟萃分析表明,在脓毒症患者中,平衡晶体液组死亡率低于生理盐水组($OR=0.84, 95\%CI: 0.74\sim 0.95$)和低分子量羟乙基淀粉组($OR=0.81, 95\%CI: 0.69\sim 0.95$),且平衡晶体液比低分子量羟乙基淀粉更能减轻急性肾损伤(AKI)($OR=0.80, 95\%CI: 0.65\sim 0.99$)^[12]。

推荐意见 3: 根据患者围手术期液体缺失类型、手术种类、术中失血情况等选择合适的液体种类(推荐强度及证据分级:2B)

推荐说明: 每日正常液体需要量和术前累计缺失量主要采用晶体液补充,麻醉导致血管扩张、循环血容量减少时,根据个体化原则及时输注晶体液或胶体液维持有效循环血容量^[9]。等渗晶体液是外科患者首选复苏液体,包括生理盐水和复方电解质等,新英格兰医学杂志于 2022 年发表的一项多中心随机对照临床研究表明:两组患者分别在重症监护室(ICU)住院期间输注生理盐水和输注复方

电解质(平均使用时间 6 d),两组 90 d 存活率、肾功能及动脉血 pH 值差异无统计学意义^[13]。乳酸林格氏液渗透压为 273 mOsm/L,因此严重颅脑创伤患者应避免使用乳酸林格氏液等低渗溶液^[14]。大量出血时,理论上人工胶体液能够在血管腔内存留更长时间,以较少总液体容量实现血流动力学稳定,但目前尚缺乏高质量循证医学证据证明人工胶体液对提高患者生存率能产生有益影响,且鉴于其对凝血功能和肾功能存在不利影响,因此不推荐人工胶体液用于大出血患者的早期液体复苏^[15]。患者血红蛋白 <70 g/L 时,建议输注红细胞;血红蛋白 >100 g/L 时,不建议输注红细胞;血红蛋白为 70~100 g/L 时,应根据患者年龄、出血量、出血速度、心肺功能以及有无缺氧症状等因素综合判断是否输注红细胞^[16]。

推荐意见 4: 以平衡液为载体的人工胶体溶液,如琥珀酰明胶电解质醋酸钠注射液、羟乙基淀粉 130/0.4 电解质注射液等,补充血管内容量同时在维持酸碱平衡和预防高氯血症方面具有一定优势(推荐强度及证据分级:2C)

推荐说明: 以平衡盐溶液为载体的人工胶体溶液保留电解质成分,降低了大量输注后出现高氯血症的风险。

一项纳入 225 例全身麻醉非心脏手术患者的多中心随机、单盲、平行对照研究结果显示,琥珀酰明胶电解质醋酸钠注射液组能更好地维持电解质和酸碱平衡,输注后 15 min 和手术结束后 30 min,琥珀酰明胶电解质醋酸钠注射液组的碱剩余和氯离子浓度较基线变化值均小于琥珀酰明胶注射液组(均 $P<0.05$)^[17]。一项纳入 242 例择期全身麻醉非心脏外科手术(除外神经外科手术)患者的随机对照研究结果显示,与 6% 羟乙基淀粉 130/0.4 氯化钠注射液相比,6% 羟乙基淀粉 130/0.4 电解质注射液扩容效果差异无统计学意义,但能更好地维持机体电解质和酸碱平衡^[18]。

第三部分 基于 ERAS 的术前禁食禁饮

推荐意见 5: 除合并胃肠功能减退(如胃排空障碍、消化道梗阻、胃食管反流或胃肠道手术史等)、糖尿病、近期特殊用药史[如阿片类药物、减肥药物如胰高血糖素样肽-1(GLP-1)受体激动剂等]、吞咽困难、困难气道、急诊手术等患者外,尽量缩短术前禁食禁饮时间。建议术前 8 h 禁食油炸、脂肪

及肉类食物,术前 6 h 禁食乳制品及淀粉类固体食物,术前 2 h 可摄入碳水化合物饮品(≤ 400 ml)以维持患者容量状态(推荐强度及证据分级:2B)

推荐说明:术前禁食 12 h、禁饮 4~6 h 已成为近代预防择期手术患者麻醉诱导期间反流误吸的重要手段之一^[19]。随着 ERAS 理念的不断推广和实施,术前禁食禁饮方案更新在减轻患者围手术期生理及心理应激反应方面取得了显著效果,已成为实施 ERAS 过程中的核心项目之一^[20-21]。该方案提倡除合并上述病理生理变化的患者外,禁食时间延后至术前 6 h,之前可进食淀粉类固体食物(牛奶等乳制品的胃排空时间与固体食物相当),但油炸、脂肪及肉类食物则需要更长的禁食时间(≥ 8 h),禁饮时间延后至术前 2 h,之前可口服清流质,包括清水、糖水、碳水化合物饮品、无渣果汁、碳酸类饮料、清茶及黑咖啡(不含奶),不包括含酒精类饮品。通常在术前 2 h 饮用碳水化合物饮品(≤ 400 ml)以维持患者的容量状态^[22]。

一项荟萃分析结果显示,与传统术前禁食 12 h、禁饮 4~6 h 相比,术前禁食 6~8 h、禁饮 2~3 h 可明显降低术前低血糖、口渴、饥饿、心慌乏力和焦虑发生率^[23]。一项纳入 509 例患者的荟萃分析显示,心脏手术患者术前接受碳水化合物饮品,术后对胰岛素的需求减少了 35%,血管活性药物用量减少了 20%,ICU 停留时长缩短 50%^[24]。一项基于 43 项 RCT 研究、3 110 例患者的荟萃分析结果显示,术前 2 h 接受碳水化合物饮品(≤ 400 ml)可缩短择期短小手术平均住院时间约 0.3 d,缩短大型开腹手术患者住院时间约 1.08 d^[25]。一项纳入 880 例患者的系统回顾和网状荟萃分析结果显示,术前接受碳水化合物的患者中有 16.3% 发生术后感染,安慰剂组患者中有 16.0% 发生术后感染($RR=1.019$, $95\%CI:0.720\sim1.442$);碳水化合物组 8 例(2.4%)、安慰剂组 53 例(16.0%)患者需要使用胰岛素($RR=0.15$, $95\%CI:0.07\sim0.31$),由此可见术前口服碳水化合物可有效避免血糖水平过高,且不会增加术后感染风险^[26]。

第四部分 术中液体需要量

一、术中生理需要量的评估

推荐意见 6:多因素评估成人患者术中的生理需要量,包括代谢率、体表面积和特殊情况下的生理需求(疾病状态、手术性质和患者特异性等因素)变化(推荐强度及证据分级:2B)

推荐说明:通常成人每日液体生理需要量大约为 2 000 ml,其与代谢率和体表面积关系密切。术中生理需要补液量主要依据体重,按“4-2-1”原则计算,“4-2-1”原则为:根据患者的体重计算补液量,第一个 10 kg 体重按 $4\text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ 计算,第二个 10 kg 体重按 $2\text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ 计算,剩余体重按 $1\text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ 计算。此外术程中还需特别考虑术前、术中消化道液体丢失量,特别是患者有呕吐、腹泻症状或进行过消化道准备时,这些额外的液体丢失量必须纳入计算,以确保患者体内液体平衡得到妥善维护^[27]。

特殊情况下术中液体生理需要量需要考虑患者因素,在超重或肥胖等特殊人群中,生理需要量应基于理想体重进行评估。一项研究显示,体质指数(BMI)与液体需求之间无相关性($r=0.093$, $P=0.384$);考虑到超重和肥胖患者的病理生理差异,补液量应基于理想 BMI,而不是实际 BMI^[28]。需要考虑的特殊情况还包括患者术前禁食或非经口摄食摄饮状态、近期病史、黏膜湿润程度、外周脉搏充盈度和尿量,需深入了解患者的整体液体状态。禁食、肠道准备、烧伤、发汗、腹泻、出血和呕吐均为影响因素,具有显著低血容量的患者表现为黏膜干燥、尿量减少、心率加快和血压下降^[29]。

二、术中失血量评估

推荐意见 7:失血量的定量评估方法包括患者术中监测指标、临床表现及直接失血量计算等,以准确评估患者失血情况。需明确失血量对术中液体管理的影响,包括失血导致的血流动力学改变和液体补充策略的调整,以确保患者的循环稳定和安全(推荐强度及证据分级:2C)

推荐说明:术中失血量最常依据术中监测指标及临床表现进行判断,液体转移、液体输注和输血都可能影响血红蛋白水平。失血量标准测量方法为干纱布和浸血纱布的重量差,这是一种直观的重量测量方法。也可依据红细胞压积(HCT)测定评估失血量。依据 HCT 计算失血量的常用公式有 3 种:(1)Gross 公式^[30]:失血量(ml)=血容量(ml) $\times$ (HCT_i-HCT_f)/ HCT_m ; (2) Bourke 公式^[31]:失血量(ml)=血容量(ml) $\times$ (HCT_i-HCT_f) $\times$ ($3-HCT_m$); (3) Camarasa 公式^[32]:失血量(ml)=[血容量(ml) $\times$ (HCT_i-HCT_f)+输注的红细胞]/ HCT_m ,其中 HCT_i 为术前/失血前红细胞压积, HCT_f 为术前/失血前红细胞压积, HCT_m 为平均红细胞压积, $HCT_m=(HCT_i+HCT_f)/2$ 。需要采用准确和标准化的方法评估手术失血量。

一项研究术中失血量与术后结局关系的综述纳入了49项随机试验、前瞻性或回顾性队列研究,共61 312例参与者,平均年龄53.4~78.1岁,结果显示术中大量失血是死亡、吻合口瘘、骶前脓肿和术后肠梗阻的风险因素,可导致住院时间延长;远期转归显示,大量失血是远期结直肠癌复发和粘连致小肠梗阻的独立风险因素;表明术中大量失血增加了围手术期不良事件风险,并对术后转归产生短期和长期影响^[33]。因此需明确失血量对术中液体管理的影响,包括失血导致的血流动力学改变和液体补充策略的调整,以确保患者循环稳定和手术安全。

三、术中液体需要量的计算方法和原则

推荐意见 8: 根据患者个体特征和手术类型等因素计算液体需要量,包括基于体重、体征、实验室检查、围手术期失血量等指标(推荐强度及证据分级:2B)

推荐说明: 术中液体需要量一般包括:(1)围手术期每天生理需要量,依据“4-2-1”原则计算;(2)手术前禁食缺失量,禁食缺失量=每小时生理需要量×术前禁食时间;(3)麻醉药物导致血管扩张所需补充量;(4)额外体液再分布或第三间隙丢失所需补充量,小手术为0~2 ml/kg;中手术为2~4 ml/kg;大手术为4~8 ml/kg;烧伤、严重创伤和腹膜炎患者此部分液体丢失量更大;(5)手术期间失血量,计算方法见推荐意见7。

基于患者体重计算液体需要量,鉴于患者体重变化是容量状态的高度敏感指标,监测患者体重波动对评估容量状态非常有用,这一理念更适用于ICU患者^[34]。可用于计算液体需要量的生命体征包括血压^[35]、心率、脉搏力度^[36]、毛细血管再充盈^[37]、呼吸频率、尿量^[38]、温度、皮肤弹性和眼睛外观、黏膜^[39]、颈静脉外观^[40]等。可用于计算液体需要量的实验室检查指标包括血尿素氮/肌酐比值、转氨酶、血液浓缩。升高的血清尿素、血渗透压、血钠、尿液渗透压和比重可能表明机体存在脱水;高血压、周围水肿、肺水肿和颈静脉充盈表明可能存在液体过负荷^[38]。围手术期失血量是血液管理的重要参数。一项研究评估了用血红蛋白质量损失估计作为围手术期失血估计的替代方法,并将其与基于血容量损失的估计进行了比较。结果显示,估计血红蛋白质量损失是估计围手术期失血量的更准确方法,但仍需要更多研究确定其可靠性^[41]。

第五部分 围手术期容量不足评估

一、基于临床症状、体征、基本生命监测和实验室检查的容量不足判定方法

(一)用于判定容量不足的临床症状和体征

推荐意见 9: 推荐通过临床症状(如神志)和体征(皮肤温度、色泽等)协助判断容量不足(推荐强度及证据分级:1C)

推荐说明: 精神状态是脑组织血液灌注和全身循环状况的反应。如患者神志清楚,对外界刺激能正常反应,说明患者循环血量已基本足够;相反,若患者表情淡漠、不安、谵妄或嗜睡、昏迷,反映脑组织因血液循环不良而发生功能障碍。皮肤温度、色泽是体表灌注情况的标志,如患者四肢温暖、皮肤干燥,轻压指甲或口唇时,局部暂时缺血呈苍白,松压后色泽迅速转为正常,表明末梢循环灌注正常,反之则说明体表灌注情况不良^[42]。

(二)用于判定容量不足的基本监测与实验室检查指标

1. 基本生命监测

推荐意见 10: 推荐通过基本生命监测,如血压和心率协助判断容量不足(推荐强度及证据分级:1C)

推荐说明: 容量状态适宜的成人通常血压>90/60 mmHg (1 mmHg=0.133 kPa)、心率为60~90次/min。如存在急性体液、血液丢失或严重感染等,患者会出现血压降低、心率增快,提示容量不足^[43]。利用基本生命监测需兼顾其他参数进行综合分析,患有心血管基础性疾病或使用血管活性药物会影响血压和心率等基本生命监测对判断容量不足的准确性。尿量<20~30 ml/h也提示容量不足。

2. 实验室检查

推荐意见 11: 推荐通过实验室检查如血常规(红细胞计数、血红蛋白、HCT)、血生化及血气分析可协助判断容量不足(推荐强度及证据分级:1C)

推荐说明: 实验室检查可以协助判断容量状态。HCT、血红蛋白降低提示可能存在失血。脱水、晶体液补充不足等原因造成容量不足会出现HCT升高。血生化可以监测尿素氮、肌酐和电解质水平,血尿素氮和血清肌酐浓度的变化与肾小球滤过率有关,低血容量可能引起肾小球滤过率下降,导致这些指标升高。体液丢失可能导致电解质紊

乱,如高钠血症或低钠血症^[43]。动脉血气分析可监测 pH 值、氧合状态和酸碱平衡等,可一定程度上提示患者容量状态。严重的低血容量造成外周循环灌注严重不足可出现低氧血症,而高氯性酸中毒通常提示纠正低血容量时氯化钠溶液输注过多^[43]。血乳酸升高通常与组织低灌注有关,可以作为组织灌注不足的指标。一项纳入 81 项研究、13 052 例患者的系统综述提示中心静脉血乳酸含量是目标导向液体治疗中的高质量指导指标,乳酸含量升高往往提示血容量不足^[44]。凝血功能监测有助于选择合适的容量复苏方案,例如羟乙基淀粉或明胶等胶体溶液不建议用于严重凝血功能障碍人群,新鲜冰冻血浆(FFP)主要用于纠正凝血障碍,不作为常规扩容液体使用^[43]。实验室检查并不能明确患者的容量状态,要结合其他检查进行综合评估。对于液体复苏的患者,在复苏治疗前后进行以上实验室检查观察围手术期指标的变化,可协助评价液体复苏效果。

二、液体反应性评估指标、临床价值和局限性

(一)液体反应性定义和常用指标

液体反应性是指心脏对前负荷(容量负荷)增加做出的反应,进而增加每搏量(SV)或心排出量(CO)的能力。存在液体反应性是对患者进行液体复苏的前提^[45]。通常认为容量治疗后 CO 或 SV 较前增加 $\geq 12\% \sim 15\%$ 为具有液体反应性。

1. 补液试验:基于 85 项研究、3 601 例患者的荟萃分析提示补液试验时患者是否具有液体反应性不受输注液体种类的影响,但液体输注时间应控制在 30 min 内^[46]。另一基于 124 项研究、6 086 例患者的系统性综述表明补液试验的策略一般是在 20 min 内输注 500 ml 晶体液,液体试验阳性定义为 CO 或者心脏指数(CI)增加 $\geq 15\%$ 。补液试验不可逆转,如在短时间内多次进行,可能造成患者容量超负荷,同时增加肺水肿的风险^[47]。

2. 被动抬腿试验:被动抬腿试验是指将患者处于 45° 头高脚低半卧位,再平卧后抬高下肢 45° ,此时能够增加 150~200 ml 血液回流到右心,如 CO 能增加 $10\% \sim 15\%$,表明患者具有液体反应性^[48]。一项基于 21 项研究、1 986 例患者的荟萃分析提示,被动抬腿试验预测液体反应性的灵敏度和特异度分别为 0.85 (95%CI: 0.81~0.88) 和 0.91 (95%CI: 0.88~0.93),与补液试验结果的相关系数(r 值)为 0.76 (95%CI: 0.73~0.80)^[49]。2016 年脓毒症和感染性休克管理的国际指南也推荐将被动抬腿试验作

为感染性休克患者液体复苏的动态指标^[50]。被动抬腿试验的优点在于患者如存在自主呼吸、心律失常、低潮气量或肺顺应性显著降低时仍可应用,避免了多次补液试验带来的容量超负荷风险,可根据临床需要反复操作^[51]。术中一些特殊体位(如俯卧位)无法进行被动抬腿试验。

(二)液体反应性静态指标的临床价值及局限性

预测患者液体反应性的静态指标包括中心静脉压(CVP)和肺动脉楔压(PAWP)。

推荐意见 12: 不推荐采用 CVP 和 PAWP 预测患者的液体反应性(推荐强度及证据分级:1D)

推荐说明: CVP 正常值为 2~8 mmHg,间接反映左心室前负荷,但易受胸内压、心包压、静脉血管张力及右心室顺应性的影响。PAWP 正常值为 4~12 mmHg,主要用于评估左心房压力,从而间接反映左心室的充盈。

一项基于 43 项研究、803 例患者的荟萃分析显示 CVP 用于预测液体反应性受试者工作特征(ROC)曲线下面积(AUC)仅为 0.56 (95%CI: 0.54~0.58),液体反应性阳性患者与阴性患者的 CVP 差异无统计学意义 [(8.7 $\pm$ 2.3) 比 (9.7 $\pm$ 2.2) mmHg, $P=0.30$]^[52]。提示 CVP 不能作为预测液体反应性的指标。

一项前瞻性研究中纳入了 37 例接受冠状动脉搭桥术的患者,将输注 500 ml 胶体后 SV 增加 15% 定义为有液体反应性,发现有液体反应性与无液体反应性患者的 PAWP 差异无统计学意义^[53]。另一项回顾性研究纳入了 46 例接受冠状动脉搭桥手术的患者,PAWP 预测液体反应性的 AUC 仅为 0.563 (95%CI: 0.373~0.753)。提示 PAWP 并不能作为预测液体反应性的指标^[54]。关于液体治疗的综述也认为 PAWP 不能有效地预测患者的液体反应性^[55]。

(三)液体反应性动态指标的临床价值及局限性

动态指标是通过心肺相互作用机制评价容量的状态,原理在于机械通气下患者胸腔内压力随呼吸周期发生周期性改变,引起前负荷相应变化,继而出现 CO、动脉压力的变化。常用动态指标包括每搏量变异度(SVV)及脉搏压变异度(PPV)。

推荐意见 13: 推荐采用 SVV 和 PPV 预测患者液体反应性(推荐强度及证据分级:1B)

推荐说明: SVV 是指一个呼吸周期内 SV 的百分比变化,计算公式为 $SVV = [(SV_{\max} - SV_{\min}) / SV_{\text{mean}}] \times 100\%$ 。机械通气患者随着呼气、吸气导致周期性

SV 变化,与患者的液体反应性密切相关^[56-57]。与 SVV 相似,PPV 是指一个呼吸周期内脉搏脉压(PV)的百分比变化,计算公式为 $PPV = [(PV \text{ 脉压}_{\max} - PV \text{ 脉压}_{\min}) / PV \text{ 脉压}_{\text{mean}}] \times 100\%$ ^[58]。

一项基于 20 项研究、854 例机械通气下心胸手术患者的荟萃分析表明^[59],胸科手术中 SVV 预测液体反应性的 AUC、灵敏度和特异度分别为 0.73 (95%CI: 0.69~0.77)、0.73 (95%CI: 0.59~0.83) 和 0.62 (95%CI: 0.46~0.76);心脏手术中 SVV 预测液体反应性的 AUC、灵敏度和特异度分别为 0.80 (95%CI: 0.77~0.83)、0.71 (95%CI: 0.65~0.77) 和 0.76 (95%CI: 0.69~0.82);心脏术后 ICU 患者中 SVV 预测液体反应性的 AUC、灵敏度和特异度分别为 0.88 (95%CI: 0.86~0.92)、0.85 (95%CI: 0.60~0.96) 和 0.85 (95%CI: 0.74~0.92)。

Messina 等^[60]2023 年荟萃分析纳入了 59 项针对预测液体反应性的研究,共 2 947 例患者。SVV 预测液体反应性的 AUC 为 0.76 (95%CI: 0.72~0.80),平均阈值为 12.1% (95%CI: 11.6~12.7);PPV 预测液体反应性的 AUC 为 0.77 (95%CI: 0.73~0.80),平均阈值为 10.8% (95%CI: 10.6~11.0)。Messina 等^[61]2018 年荟萃分析纳入了 68 项主要涉及目标导向性液体治疗的研究,共 5 017 例患者。SVV 预测液体反应性的 AUC 为 0.87 (95%CI: 0.81~0.93),灵敏度和特异度分别为 0.82 (95%CI: 0.75~0.89) 和 0.77 (95%CI: 0.71~0.82);PPV 预测液体反应性的 AUC 为 0.86 (95%CI: 0.80~0.92),灵敏度和特异度分别为 0.80 (95%CI: 0.74~0.85) 和 0.83 (95%CI: 0.73~0.91)。

SVV 和 PPV 评估患者容量状态存在局限性^[62-63],必须符合以下要求:患者在机械通气下,潮气量 $>8 \text{ ml/kg}$,无心律不齐,无严重心脏瓣膜疾病和心力衰竭等。

三、超声心动图评估容量不足

(一)经胸超声心动图(TTE)或经食道超声心动图(TEE)评估容量不足的方法

胸内压力随着呼吸发生周期性改变引起前负荷相应变化,故可以通过 TTE 或 TEE 直接测量 SV、CI 和左室舒张末期容积变异度(LVEDVV)。因上腔静脉及下腔静脉(IVC)直径随胸腔内压变化而变化,也可通过 TTE 或 TEE 测量上腔或 IVC 直径的变化反映容量状态。

IVC 直径变异度(ΔIVC)表示 IVC 直径随呼吸运动产生的周期性变化^[64],计算公式为 $\Delta IVC =$

$[(IVC_{\max} - IVC_{\min}) / IVC_{\text{mean}}] \times 100\%$ 。当患者有效循环血容量减少时,IVC 充盈度下降, ΔIVC 随呼吸运动的变化幅度增加。可使用 TTE 在肋下切面测定 ΔIVC ,并使用 M 模式测量 ΔIVC 的变化。 ΔIVC 测量相对较易实施,无论是机械通气还是自主呼吸的患者都可以测量^[65-70]。

上腔静脉塌陷指数(SVCCI)表示上腔静脉直径随呼吸运动产生的周期性变化,计算公式为 $SVCCI = [(上腔静脉直径_{\max} - 上腔静脉直径_{\min}) / 上腔静脉直径_{\max}] \times 100\%$ 。上腔静脉作为胸腔内静脉不受腹内压影响,其呼吸变异度受干扰较小。使用 TTE 测量 SVCCI 应在胸骨旁长轴平面,或使用 TEE 在食管中段双腔静脉切面进行测量^[71]。

$LVEDVV = [(LVEDV_{\max} - LVEDV_{\min}) / LVEDV_{\text{mean}}] \times 100\%$;LVEDV 为左心室舒张末期容积。将 TEE 探头置食管中段,于左室长轴或左室短轴平面测量左室流出道直径,并通过左室流出道直径计算 LVEDVV, 公式为 $LVEDVV = 2 \times (LVEDV_{\max} - LVEDV_{\min}) / (LVEDV_{\max} + LVEDV_{\min}) \times 100\%$,LVEDV_{max} 和 LVEDV_{min} 测量分别指每个呼吸周期内 LVEDV 的最大值和最小值^[72]。

(二)TTE 或 TEE 评估容量不足的指标

推荐意见 14: 推荐采用 ΔIVC 作为预测液体反应性指标,机械通气患者 ΔIVC 预测液体反应性的准确性高于自主呼吸患者(推荐强度及证据分级:1B),推荐采用 SVCCI 和 LVEDVV 作为预测液体反应性的指标(推荐强度及证据分级:2D)

推荐说明: ΔIVC 预测液体反应性的阈值因研究而异,通常认为机械通气患者的 ΔIVC 阈值为 12%~18%,自主呼吸患者为 50%^[69, 72-73]。2016 年美国重症医学协会在《恰当运用床旁普通超声和心脏超声评估重症患者指南》中建议对 ICU 中行正压通气的患者利用超声测量 ΔIVC , $\Delta IVC > 15\%$ 则认为患者对容量有反应性,反之则认为没有反应性^[74]。有研究表明 ΔIVC 在机械通气时预测液体反应性可靠性较高^[75-76],在机械通气患者中的诊断表现优于自主呼吸患者^[64]。

2020 年 Orso 等^[77]的荟萃分析纳入了 26 项研究、568 例患者, ΔIVC 预测液体反应性的 AUC 为 0.71 (95%CI: 0.46~0.83),灵敏度和特异度分别为 0.71 (95%CI: 0.62~0.80)、0.75 (95%CI: 0.64~0.85)。2018 年一项基于 12 项研究、753 例患者的荟萃分析表明机械通气患者设置潮气量 $\geq 8 \text{ ml/kg}$ 、呼气末正压(PEEP) $\leq 5 \text{ cmH}_2\text{O}$ ($1 \text{ cmH}_2\text{O} = 0.098 \text{ kPa}$),与设置

潮气量 $<8\text{ ml/kg}$ 、 $\text{PEEP}>5\text{ cmH}_2\text{O}$ 相比, ΔIVC 能更好地预测液体反应性,两种机械通气参数设置下 AUC 分别为 0.88 和 0.70 ($P<0.001$),设置潮气量 $\geq 8\text{ ml/kg}$ 、 $\text{PEEP}\leq 5\text{ cmH}_2\text{O}$ 时, ΔIVC 预测液体反应性的灵敏度(0.80 比 0.66, $P<0.05$)和特异度(0.94 比 0.68, $P<0.05$)更高, ΔIVC 预测液体反应性的最佳阈值分别为 $16\%\pm 2\%$ 和 $14\%\pm 5\%$ ^[78]。一项基于 145 项研究、603 例循环休克患者的荟萃分析中^[75], ΔIVC 预测液体反应性的最佳截断值为 $8\%\sim 12\%$,AUC 为 0.82 (95%CI: 0.79~0.85),灵敏度和特异度分别为 0.69 (95%CI: 0.51~0.83) 及 0.80 (95%CI: 0.66~0.89)。

一项前瞻性队列研究纳入了 45 例接受择期大血管手术的患者,使用 TEE 监测 SVCCI,同时使用 Vigileo-FloTrac 监测 SVV 及 CI,提示 SVCCI 与 SVV 预测患者液体反应性的 AUC 差异无统计学意义(0.92 比 0.89, $P=0.56$),二者都可以很好地预测患者液体反应性^[79]。SVCCI 预测患者液体反应性的阈截断值为 37%,灵敏度和特异度分别为 90%、83%。Miranda 等^[80]和 Hrish 等^[81]的研究也提示当患者处于镇静状态、窦性心律及机械通气时,SVCCI 是可以预测液体反应性的最佳指标。Lan 等^[82]在一项前瞻性队列研究中纳入了 26 例择期行颅骨切除术的患者,使用 TEE 测量左室短轴平面内径,同时使用 Vigileo-FloTrac 测量 SVV,结果提示 LVEDVV 与 SVV 具有强相关性($r=0.55$, $P<0.05$),提示术中可以使用 TEE 监测 LVEDVV,预测患者的液体反应性。

(三)TTE 或 TEE 评估容量不足的临床局限性

推荐意见 15:TTE 或 TEE 评估容量不足具有一定局限性,肥胖、肠道气体增多、腹部手术者应用 TTE 受限,应用 TEE 需要患者镇静或全身麻醉(推荐强度及证据分级:1C)

推荐说明:肥胖、肠道气体增多、腹部手术、腹部扩张或胸内压、腹内压增加者,使用 TTE 测量 ΔIVC 困难^[83-85]。 ΔIVC 和 SVCCI 的应用有一定局限性,受到呼吸机设置模式、患者自主呼吸及心肺顺应性等因素的影响,不适用于以下情况:潮气量 $<8\text{ ml/kg}$ 、 $\text{PEEP}>5\text{ cmH}_2\text{O}$ 、持续气道正压、自主呼吸、哮喘、慢性阻塞性肺疾病、慢性右心力衰竭、心脏压塞、腹内压增大等情况^[64, 86]。使用超声心动图指导容量治疗时要结合临床情况做出判断,不能单纯依赖超声数据^[87]。TEE 作为一项有创操作技术,需要经过专业培训,限制了其在判断患者容量状态方面

的应用。TEE 测量指导容量治疗时,需要患者处于镇静状态或全身麻醉机械通气状态,保持窦性心律^[80-81]。

第六部分 围手术期容量过负荷

一、围手术期容量过负荷常见原因

发生容量过负荷的主要原因为液体入量过多和(或)液体排出障碍^[88]。围手术期发生容量过负荷的主要原因除补液过多外,还可见于经尿道前列腺电切或宫腔镜手术等术中液体过量吸收。液体排出障碍可见于心脏、肾脏或肝脏功能受损的患者^[89]。此外,围手术期炎症反应也会导致水肿、引起容量负荷增加^[90]。

二、围手术期容量过负荷的评估

(一)围手术期容量过负荷的临床症状与体征

推荐意见 16:不推荐单独采用症状和体征评估围手术期容量过负荷,轻度容量过负荷无明显症状和体征,严重容量过负荷可能出现肺水肿、心功能不全的临床表现(推荐强度及证据分级:1D)

推荐说明:轻度容量过负荷无明显症状和体征^[40];容量过负荷进一步发展可出现肺水肿、心功能不全的临床表现,包括胸闷、气促、端坐呼吸,严重者咳粉红色泡沫痰,双下肢可见凹陷性水肿,体重增加等,查体可见颈静脉怒张,听诊两肺可闻及湿啰音。患者还可能发生窦性心动过速,单发或多发室性早搏、房性早搏及房颤,严重者可致恶性心律失常。围手术期患者多数为平卧位,且经常处于麻醉、镇静或机械通气治疗状态,无法获得主诉,影响对症状和体征的观察。

(二)围手术期容量过负荷的监测指标与临床价值

1. 围手术期容量过负荷的监测指标:循环系统容量过负荷的监测指标变化包括 CVP 或 PAWP 升高。容量过负荷状态下行 IVC 超声检查可表现为 IVC 直径增加。心脏超声房间隔与室间隔形态异常可能提示容量过负荷。

2. 围手术期容量过负荷监测指标的临床价值

推荐意见 17:CVP 或 PAWP 不推荐单独用于评估围手术期容量过负荷(推荐强度及证据分级:1D)

推荐说明:应用 CVP、PAWP 评估围手术期容量过负荷的临床研究少。CVP 反映静脉回流及右心室功能,且受到胸腔、心包和腹部压力等因素的

影响。2023 年一项单中心回顾性观察研究显示围手术期 CVP>12 mmHg 组较 CVP<12 mmHg 组术中液体正平衡量更高,且术后 AKI 等并发症发生率更高^[91]。但 CVP 升高与循环总血容量之间缺乏直接相关性,CVP 升高可能更多反映心血管和(或)呼吸功能改变^[92]。PAWP 同样受许多与液体状态无关因素的影响,如心脏顺应性、腹内压、气道压和 PEEP、肺血管阻力及其他心脏病理因素。

推荐意见 18:超声检查 IVC 直径增加、心脏超声房间隔变平、室间隔舒张期变成 D 字征一定程度提示围手术期容量过负荷(推荐强度及证据分级:2D)

推荐说明:有研究显示高血容量状态下,呼气末 IVC 直径常>25 mm^[93]。2024 年一项荟萃分析包括了 33 项研究、2 301 例血液透析患者^[94],显示血液透析后吸气 IVC 最大直径[均值差异(MD)=2.32 mm,95%CI:0.31~4.33 mm]和呼气 IVC 最大直径(MD=4.05 mm,95%CI:2.44~5.65 mm)均显著减小,一定程度上表明 IVC 直径在监测容量过负荷方面具有一定参考价值。血容量高低并不是影响 IVC 直径的唯一因素,IVC 充盈受到腹内压、胸腔压力、心脏功能的影响,提示 IVC 静态直径评估容量状态的影响因素较多^[95]。此外,目前缺乏 IVC 超声用于评估围手术期容量过负荷的高质量研究。

2018 年美国心脏学会指南表示,心脏超声房间隔变平提示右心房压力升高或容量过负荷;舒张期房间隔变平与容量过负荷状态相关,而收缩期房间隔变平与压力过负荷更一致^[96]。此外,正常情况下胸骨旁短轴平面左心室呈“正圆形”、右心室呈“新月形”,随着右心室舒张末期压力增加,室间隔在舒张期变成 D 字征。如收缩期和舒张期都出现 D 字征,应考虑严重肺动脉高压;如 D 字征仅出现在舒张期,应考虑容量过负荷^[97]。通过心脏超声指标 LVEDVV、CO、CI 等指导补液可能有助于避免容量过负荷。2018 年的一项多中心随机对照研究中,与传统方法相比,使用 TEE 监测 SV、CI 指导补液、血管活性药物及正性肌力药应用,可缩短住院时间,减少肺水肿、呼吸窘迫综合征等中重度并发症总体发生率(8.6%比 16.6%, $P<0.05$)^[98]。

三、容量过负荷导致肺水肿的评估

肺水肿是围手术期容量过负荷的常见病理生理过程,但肺水肿并不是容量过负荷的特异性表现,肺部炎症、急性呼吸窘迫综合征(ARDS)等均可能存在肺水肿,因此需要结合临床综合判断^[99]。

(一)肺水增多的监测指标

肺水增多在胸部 X 线(CXR)中可表现为斑片状肺泡浸润、空气支气管征、支气管周围袖状扩张、Kerley B 线等^[100]。经肺热稀释法可应用于评估肺水状态。肺部超声(LUS)上 B 线增加与血管外肺水增加呈线性相关。

(二)肺水增多监测指标的诊断价值

推荐意见 19:CXR 出现斑片状肺泡浸润、空气支气管征、支气管周围袖状扩张、Kerley B 线提示肺水增加(推荐强度及证据分级:1C)

推荐说明:CXR 可诊断和监测容量过负荷后出现的肺水肿,主要表现包括斑片状肺泡浸润、空气支气管征、支气管周围袖状扩张、心脏扩大、心/胸比增加、胸腔积液等^[100]。

2022 年一项应用 CXR 评估危重患儿液体过负荷造成肺水增多的系统评价,纳入 4 项研究、1 115 例患儿,显示 CXR 检测液体过负荷的灵敏度为 44%~58%、特异度为 52%~94%^[101]。2022 年一项应用 CXR 评估心源性肺水肿的荟萃分析纳入 8 项研究、2 787 例患者,显示其灵敏度为 76.5%,特异度为 87.0%^[102]。2019 年一项荟萃分析纳入 6 项研究、共 1 827 例患者,显示 CXR 诊断心源性肺水肿的灵敏度为 0.73,特异度为 0.90^[103]。

推荐意见 20:经肺热稀释法(TPTD)测量血管外肺水(ELW)数值增加提示肺水增加(推荐强度及证据分级:2C)

推荐说明:TPTD 是一种测量心脏相关参数的技术,可提供 CI、整体舒张末期容积和 ELW 等指标,被认为可以在明显肺水肿出现之前提供肺水积聚的早期依据,并可指导围手术期液体治疗^[104]。健康个体 ELW 正常值一般<10 ml/kg,如在 10~15 ml/kg 之间常提示肺水轻度增加,>15 ml/kg 常提示肺水显著增加,可能与心力衰竭、ARDS 或其他严重肺部疾病有关。一项荟萃分析显示,TPTD 测量的 ELW 值与危重患者死亡率相关($OR=1.69$,95%CI:1.22~2.34, $P<0.05$),且死亡者 ELW 明显高于存活者($MD=-4.97$ ml/kg,95%CI:-6.54~-3.41 ml/kg, $P<0.05$)^[105],这一发现间接证实了 TPTD 床旁评估肺水肿的可靠性。一项观察性研究纳入 25 例行支气管肺泡灌洗的机械通气患者,发现 TPTD 能够发现继发于支气管肺泡灌洗的 ELW 的微小短期变化^[106]。该技术具有一定局限性,在机械通气状态中可能出现测量不准确的情况^[104]。

推荐意见 21:LUS 上 B 线数目增加可用于评估

肺水增多(推荐强度及证据分级:1B)

推荐说明:LUS上B线增加与ELW增加呈线性相关,超过4条B线提示间质性水肿、肺泡间质综合征,多条B线的汇合会导致出现“白肺”^[103]。2024年一项荟萃分析肯定了肺超声在指导血液透析和超滤改善容量过负荷方面的有效性,该研究包括33项研究、2301例血液透析患者,结果显示与血液透析前相比,血液透析后B线数量显著减少, $MD=8.30$ (95%CI: 3.55~13.05, $I^2=83%$, $P<0.05$)^[94]。2023年一项荟萃分析评估LUS对心源性肺水肿的诊断价值,共纳入9篇文献、2097例患者,其中包括1047例心力衰竭患者,结果显示LUS诊断心源性肺水肿的AUC为0.93,灵敏度为0.92,特异度为0.87,表明LUS对肺水肿有较高的诊断价值^[107]。2022年一项荟萃分析评估LUS对心源性肺水肿的诊断价值,共纳入8项研究、2787例患者,显示LUS评估心源性肺水肿的灵敏度为91.8%,特异度为92.3%^[102]。

第七部分 目标导向液体治疗(GDFT)

一、GDFT定义

GDFT是指应用动态血流动力学指标做指导,以维持手术患者脏器生理功能为目标导向的围手术期液体管理策略。通过监测与容量相关的血流动力学参数,指导液体治疗以使患者达到最佳的心室前负荷/SV/CO,实现全身及组织氧供的最大化^[77, 108]。最佳CO位于Frank-Starling前负荷-SV曲线顶部,此时舒张末期压力的增加不会显著改变SV。GDFT策略需要根据患者的病理生理改变个体化选择参数,在适宜的时机给予适宜的液体量。

二、GDFT适宜的手术类型与患者特征

GDFT的受益取决于手术与患者的风险因素,并不是所有的手术患者都适用GDFT。为了降低术后并发症和加速术后康复,推荐将GDFT用于风险较高的手术类型或高危患者;但在降低死亡率上,GDFT没有足够的高质量证据支持。

(一)适宜手术类型

推荐意见 22:推荐GDFT用于腹部外科(尤其是胃肠手术)(推荐强度及证据分级:1B)和需要单肺通气的胸科手术(推荐强度及证据分级:2B);GDFT用于剖宫产手术可能给孕产妇带来获益(推荐强度及证据分级:2C)

推荐说明:(1)胃肠手术:一项系统综述纳入了12项RCT,共1836例接受胃肠手术的患者,与经典

方案相比,GDFT可降低胃肠手术术后肠梗阻发生率($RR=0.59$,95%CI:0.38~0.92)^[109]。(2)大型腹部手术:一项系统综述纳入了23项RCT,共2099例患者,与传统液体治疗方案相比,GDFT可显著降低并发症发生率($RR=0.76$,95%CI:0.66~0.89)、缩短住院时间($MD=-1.55$ d,95%CI:-2.73~-0.36 d)及ICU停留时间($MD=-0.63$ d,95%CI:-1.18~-0.09 d);但两组之间死亡或麻痹性肠梗阻发生风险差异无统计学意义。与传统液体治疗方案相比,GDFT可显著降低总并发症发生率($RR=0.69$,95%CI:0.57~-0.84),并缩短住院时间($MD=-0.63$ d,95%CI:-1.18~-0.09 d)^[110]。一篇纳入23项RCT的荟萃分析评估了限制性输液、开放性输液和GDFT对大型手术术后并发症的影响,提示开放性输液组患者肺炎($RR=2.2$,95%CI:1.0~4.5)和肺水肿风险($RR=3.8$,95%CI:1.1~13.0)更高,且住院时间更长($MD=2$ d,95%CI:0.5~3.4 d)。GDFT可降低肺炎($RR=0.7$,95%CI:0.6~0.9)和肾脏并发症($RR=0.7$,95%CI:0.5~0.9)发生风险,缩短住院时间^[111]。另一项荟萃分析纳入了95项RCT(11659例患者),分析发现GDFT降低了死亡率($OR=0.66$,95%CI:0.50~0.87)、肺炎发生率($OR=0.69$,95%CI:0.51~0.92)和呼吸衰竭发生率($OR=0.5$,95%CI:0.35~0.84)^[112]。一项纳入9308例择期及急诊成人患者、涵盖65项RCT的荟萃分析表明,GDFT组术后AKI发生率较对照组显著降低(6.84%比9.01%, $OR=0.64$,95%CI:0.62~0.87, $P<0.05$)。在接受大型腹部和骨科手术的高危患者中,使用液体治疗及正性肌力药物维持的GDFT方案可改善全身氧合,进而改善肾脏灌注($OR=0.72$,95%CI:0.59~0.87, $P<0.05$)^[113]。(3)胸科手术:一项系统回顾纳入11项研究(9项RCT、2项观察性研究),共1318例患者,证实GDFT可降低行单肺通气胸科手术患者的术后并发症($OR=0.47$,95%CI:0.29~0.75)、术后吻合口漏($OR=0.51$,95%CI:0.27~0.97)发生率^[114],但GDFT对胸科手术患者术后并发症的影响也存在争议。另一项系统综述纳入6项RCT共980例患者,提示GDFT未降低胸科手术患者术后肺部并发症(PPC)、肾功能障碍和心脏并发症发病率,也未缩短住院时间^[115]。(4)剖宫产手术:一项RCT研究指出GDFT可能降低产妇恶心发生率,但不能降低术中低血压发生率^[116];另一项RCT研究指出GDFT可降低妊娠期高血压综合征产妇的低血压发生率,减少苯肾上腺素用量^[117]。

(二)GDFT适宜患者类型

与常规管理策略相比, GDFT在行大型手术的高危患者中可带来获益。GDFT应用于美国麻醉医师学会(ASA)分级 I~II 级、术中液体转移和失血量少的患者可能不会带来明显优势^[118]。

推荐意见 23: 推荐 GDFT 用于心血管事件高风险的手术患者, 可降低心血管并发症和心律失常的发生(推荐强度及证据分级: 1B); 推荐 GDFT 用于入 ICU 的重症患者(推荐强度及证据分级: 1B)

推荐说明: (1) 心血管高风险手术患者: 一项纳入 22 项 RCT 研究的荟萃分析指出 GDFT 与心血管并发症($OR=0.54$, $95\%CI: 0.38\sim0.76$, $P<0.05$) 和心律失常($OR=0.54$, $95\%CI: 0.35\sim0.85$, $P<0.05$) 发生率减低有关, 但对围手术期急性肺水肿($OR=0.69$, $95\%CI: 0.43\sim1.10$, $P=0.12$) 及心肌缺血($OR=0.70$, $95\%CI: 0.38\sim1.28$, $P=0.25$) 发生率无影响^[119]。(2) 入 ICU 的重症患者: 一项系统回顾纳入 28 项研究(21 项 RCT、7 项观察性研究, 共 9 019 例患者), 其中 12 项研究共 2 655 例患者为手术患者, 与传统液体治疗相比, GDFT 可降低重症患者 AKI 发生率($OR=0.62$, $95\%CI: 0.47\sim0.80$), 但两者在肾替代治疗率上没有差异^[120]。

三、GDFT 实施时可供选择的靶向指标

按照是否衍生于心肺交互作用, GDFT 靶向指标分为液体反应性动态指标和静态指标^[121]。液体反应性动态指标在本实践指南第五部分已描述, 而静态指标包括 CO、CI、SV、混合静脉血氧饱和度(S_vO_2) 和中心静脉血氧饱和度($S_{cv}O_2$) 等。其中 SV、CI 和 CO 有中-高级别质量证据支持^[44]。

推荐意见 24: 液体反应性动态指标应当作为成年手术患者 GDFT 的一部分, 推荐液体反应性动态指标与 CO、CI 等流量参数联合指导 GDFT(推荐强度及证据分级: 1B); 现有证据表明, TEE 指导的 GDFT 在择期结直肠手术中未能缩短住院时间、降低死亡率(推荐强度及证据分级: 2B)

推荐说明: 一项系统综述纳入 37 项 RCT, 共 2 910 例患者^[121], 与标准液体治疗(心率、血压、CVP 或尿量指导的液体治疗)相比, 在成年手术患者中, 液体反应性动态指标指导的 GDFT 仅能降低血清乳酸水平($MD=-0.21$ mmol/L, $95\%CI: -0.39\sim-0.03$ mmol/L), 对 30 d 死亡率、器官特异性并发症发病率、入 ICU 时间和住院时间均无显著影响, 但液体反应性动态指标联合 CO 或 CI 指导的 GDFT 可显著降低 30 d 死亡率($OR=0.45$, $95\%CI: 0.24\sim$

0.85)、总体并发症发生率($OR=0.41$, $95\%CI: 0.28\sim0.58$)、血乳酸浓度($MD=-0.60$ mmol/L, $95\%CI: -1.04\sim-0.15$ mmol/L)、心肺并发症发生率[心律失常($OR=0.58$, $95\%CI: 0.37\sim0.92$)、心肌梗死($OR=0.35$, $95\%CI: 0.16\sim0.76$)、心力衰竭/心血管功能障碍($OR=0.31$, $95\%CI: 0.14\sim0.67$)、急性肺损伤/ARDS($OR=0.13$, $95\%CI: 0.02\sim0.74$)、肺炎($OR=0.4$, $95\%CI: 0.24\sim0.65$)]、并缩短入 ICU 时间($MD=-0.77$ d, $95\%CI: -1.07\sim-0.46$ d) 和住院时间($MD=-1.18$ d, $95\%CI: -1.90\sim-0.46$ d)^[121]。另一项系统回顾包含 16 项 RCT 研究, 共 1 224 例患者, 与传统液体治疗相比, 以收缩压变异率(SPV)、PPV 和 ΔSV 中任一液体反应性动态指标为靶向的 GDFT 可减少成年手术患者术后并发症发生率($OR=0.53$, $95\%CI: 0.34\sim0.83$), 缩短入 ICU 时间和住院时间, 但对术后死亡率没有显著影响^[122]。一项系统回顾包含了 14 项 RCT, 共 961 例患者, 以 SPV、PPV、SVV 和脉搏灌注指数变异指数(PVI) 这些液体反应性动态指标为靶向的 GDFT 可减少成年手术患者术后并发症($OR=0.51$, $95\%CI: 0.34\sim0.75$), 且在降低术后感染($OR=0.45$, $95\%CI: 0.27\sim0.74$)、心血管并发症($OR=0.55$, $95\%CI: 0.36\sim0.82$) 和腹部并发症($OR=0.56$, $95\%CI: 0.37\sim0.86$) 发生率的效应尤为显著; 以 SPV、PPV、SVV 和 PVI 这些液体反应性动态指标为靶向的 GDFT 还可显著缩短入 ICU 时间($MD=-0.75$ d, $95\%CI: -1.37\sim-0.12$ d)^[123]。另一项纳入 53 项研究的荟萃分析发现, 优化血管内容量和 SV($OR=0.28$, $95\%CI: 0.13\sim0.56$)、优化 SV 和 CO($OR=0.34$, $95\%CI: 0.16\sim0.70$)、优化血管内容量和 CO($OR=0.51$, $95\%CI: 0.24\sim0.99$) 的 GDFT 显著降低了伤口感染发生率, 其中尤以优化血管内容量和 SV 的 GDFT 策略最有效^[124]。一项系统回顾纳入 11 项 RCT, 共 1 113 例患者, 经 TEE 指导的 GDFT 对行择期结直肠手术成年患者总死亡率、30 d 死亡率和住院时间没有显著改善^[125]。

四、GDFT 联合缩血管药物应用的实施

当单独使用 GDFT 不足以优化血流动力学, 改善 SV、CO 和氧供时, 推荐使用缩血管药物。去甲肾上腺素具有 α 、 β 肾上腺素能双受体激动效应, 对于基线心率慢或心功能不良的患者可能是较好选择。苯肾上腺素为纯 α 肾上腺素能受体激动剂, 有反射性引起心率减慢的作用。

推荐意见 25: 推荐适宜剂量的去甲肾上腺素持续输注与 GDFT 联合应用于老年手术患者及行

胸科手术患者(推荐强度及证据分级:2C)

推荐说明:一项 RCT 研究指出与去甲肾上腺素 $0.03 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ 持续输注相比,去甲肾上腺素 $0.06 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ 持续输注与 GDFT 联合应用可降低行脊柱手术老年患者伤口延迟愈合和伤口感染发生率^[126-127]。另一项针对行腹腔镜结直肠癌手术老年患者的 RCT 指出,小剂量($0.05\sim 0.1 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$)去甲肾上腺素联合 TEE 指导的 GDFT 可显著降低并发症发生率^[128]。一项 RCT 发现,去甲肾上腺素($<0.25 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ 持续输注)联合 GDFT 可降低胸科手术患者 PPC。去甲肾上腺素联合 GDFT 带来的获益可能与剂量有关^[129]。

推荐意见 26:推荐苯肾上腺素与 GDFT 联合应用于胸腹部手术、骨科手术及脑肿瘤切除术等手术(推荐强度及证据分级:2D)

推荐说明:苯肾上腺素与 GDFT 联合多为单次滴定给药,用于腹部手术、骨科手术、胸科手术和幕上肿瘤切除术时,可降低患者并发症发生率^[130]。

第八部分 限制性液体治疗

一、限制性液体治疗定义

限制性液体治疗是对手术患者围手术期采用严格限制输液量的液体管理,只对术中丢失的液体进行补充,达到液体总量零平衡的液体治疗方法。具体实施方案尚未统一,目前常用的标准包括:(1)根据输液速度: $\leq 5 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$;(2)根据输液总量:24 h 给予 $1.5\sim 2.0 \text{ L}$ 液体;(3)根据实际术中液体需要量(包括术前及术中生理需要量、第三间隙及术野蒸发液体量、术中出血量)计算出的液体总量,补充小于液体总量的 90%。

二、限制性液体治疗适宜手术类型

推荐意见 27:限制性液体治疗用于大型腹部手术仍存在争议,需要关注术后 AKI 的风险(推荐强度及证据分级:2B);不推荐限制性液体治疗应用于胰十二指肠手术(推荐强度及证据分级:2B)

推荐说明:(1)大型腹部手术:一项纳入了 10 项研究、1 160 例行大型腹部手术患者的系统评价指出围手术期限限制性液体治疗可降低术后感染并发症($OR=0.54$, $95\%CI: 0.39\sim 0.74$, $P<0.05$)、PPC($OR=0.49$, $95\%CI: 0.26\sim 0.93$, $P<0.05$)和心脏并发症($OR=0.45$, $95\%CI: 0.29\sim 0.69$, $P<0.05$)发生风险^[131]。一项纳入了 12 项研究、1 397 例行择期手术

(以腹部手术为主)患者的系统评价指出接受限制性液体治疗患者术后并发症发生率($RR=0.65$, $95\%CI: 0.55\sim 0.78$)、术后伤口感染发生率($RR=0.62$, $95\%CI: 0.48\sim 0.79$)、术后输血率($RR=0.81$, $95\%CI: 0.66\sim 0.99$)均降低^[132]。但与上述观点不同的是,一项纳入 18 项研究、5 567 例行大型腹部手术患者的系统评价发现,限制性液体治疗与开放性液体治疗在术后并发症发生率与死亡率方面差异无统计学意义,但限制性液体治疗肾脏不良事件发生率较开放性液体治疗略高($OR=0.06$, $95\%CI: 0.02\sim 0.09$, $P<0.05$)^[133]。(2)胰十二指肠手术:一项纳入 6 项研究、846 例行胰十二指肠切除术患者的系统评价指出术中应用限制性液体治疗($<5 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$)未能降低术后胰瘘($OR=0.75$, $95\%CI: 0.44\sim 1.27$, $P>0.05$)、胃排空延迟($OR=0.72$, $95\%CI: 0.47\sim 1.11$, $P>0.05$)、术后整体并发症($OR=0.79$, $95\%CI: 0.60\sim 1.04$, $P>0.05$)发生率或住院期间死亡率($OR=0.77$, $95\%CI: 0.11\sim 5.59$, $P>0.05$),且不缩短住院时间($MD=0.04$, $95\%CI: -1.25\sim 1.32$, $P>0.05$)^[134]。

三、限制性液体治疗的临床实施

(一)缩血管药物联合容量治疗在限制性液体治疗中的应用与动态监测

将缩血管药物联合限制性液体治疗应用于临床,目的是在维持血管张力、满足重要脏器灌注的同时达到液体“零平衡”的理想状态。一项纳入 60 例行机器人辅助下结直肠手术患者的研究发现应用去甲肾上腺素联合限制性液体治疗($2 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$)可缩短术后入 ICU 时间,且未增加术后乳酸及肌酐水平。多项关于泌尿外科手术的研究发现去甲肾上腺素联合限制性液体管理($1 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$)更贴近患者的生理状态,有利于术后康复^[135-136]。

(二)限制性液体治疗的潜在风险

限制性液体治疗的潜在风险主要是术后急性肾脏不良事件及术后伤口感染。多项关于限制性液体治疗用于大型腹部手术患者的临床研究发现术后急性肾脏不良事件(尤其是 AKI)的发生率高于开放性液体治疗^[133, 137],这可能由于限制性液体治疗导致前负荷不足,影响肾脏有效灌注所致。研究发现接受限制性液体治疗患者($5 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$)术后伤口感染发生率增加(16.5% 比 13.6%, $P<0.05$),其主要原因是伤口或吻合口灌注不足,且不可避免地增加血管活性药使用量^[137]。

(三)终止限制性液体治疗的临床判定

围手术期进行限制性的液体管理策略,需要根据患者特征、手术严重程度和失血情况进行动态调整。(1)如患者术前处于AKI高风险或处于肾功能不全状态,行限制性液体治疗需要考虑因肾前性因素导致术后发生AKI及肾功能恶化的风险;(2)针对合并严重脏器功能损伤的患者,实施限制性液体治疗需要关注术中血流动力学情况,避免低血压导致重要脏器灌注不良,若出现持续性低血压且需要大剂量血管活性药物,需考虑停止限制性液体治疗;(3)针对手术创伤大、术中失血量大的高风险手术,需要谨慎实施限制性液体治疗,一旦出现术中急性失血甚至失血性休克的风险,需要立即停止限制性液体治疗,尽快启动液体复苏。

第九部分 高危患者围手术期液体治疗

一、合并复杂心脏疾病的成人患者围手术期液体治疗

推荐意见 28:对于接受心脏瓣膜手术的患者,推荐围手术期使用GDFT策略(推荐强度及证据分级:1B)

推荐说明:一项纳入冠状动脉旁路移植术(CABG)和(或)主动脉瓣手术患者的单中心观察性研究指出GDFT术后AKI发生率低于常规治疗组(6.5%比19.9%, $P<0.05$)^[138]。另一项纳入126例行CABG或瓣膜修复术患者的单中心RCT研究显示,GDFT患者通过静脉输液、正性肌力药和红细胞输注,维持 $CI>3\text{ L}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$,显著降低了患者术后感染和低心排量综合征的发生率,且入ICU时间和住院时间也显著缩短($P<0.05$)^[139]。

二、合并脓毒症的成人患者围手术期液体治疗

(一)合并脓毒症的成人患者围手术期液体治疗的监测指标选择

推荐意见 29:推荐采用被动抬腿试验动态评估脓毒症患者的早期液体复苏(推荐强度及证据分级:1B)

推荐说明:一项纳入了21项研究、涉及1 986例患者的荟萃分析发现,被动抬腿预测液体反应性的相关性为0.76,AUC为0.95,灵敏度为0.85,特异度为0.91^[49]。一项纳入150例合并低血压的急诊脓毒症患者的多中心RCT显示,采用被动抬腿试验评估液体反应性的患者在72 h内或ICU出院时的正液体平衡显著降低,肾脏替代治疗或机

械通气发生率也显著降低($P<0.05$)^[140]。

推荐意见 30:推荐采用床旁超声心动图指导脓毒症患者的液体治疗(推荐强度及证据分级:1C)

推荐说明:一项纳入6 361例患者的多中心回顾性研究发现脓症患者使用TTE指导的液体治疗28 d内死亡率显著降低($OR=0.78$,95% CI :0.68~0.90, $P<0.05$)、28 d内无血管活性药应用时间更短(21比19 d, $P<0.05$)^[141]。另一项纳入78例ICU患者的单中心观察性研究显示,在患者入ICU后6 h内进行首次TEE检查,并在18~32 h后以及休克解除后再次进行检查,脓症患者左心室舒张功能障碍发生率约为61.8%。这一结果表明,脓毒症早期可能存在液体复苏不充分的问题,而床旁TEE检查在此情况下可能发挥重要作用^[142]。

推荐意见 31:对于合并脓毒症的成人患者,推荐使用血清乳酸监测指导的液体治疗策略(推荐强度及证据分级:1B)

推荐说明:一项纳入4项研究、547例患者的荟萃分析发现,乳酸监测指导下的脓毒性休克液体治疗策略与患者死亡率降低有关($RR=0.65$,95% CI :0.49~0.85, $P<0.05$),但其在住院时间和ICU住院时间等指标方面未表现出优势^[143]。

(二)合并脓毒症的成人患者中GDFT联合缩血管药物应用的药物类型与剂量选择

推荐意见 32:推荐将去甲肾上腺素作为治疗脓毒性休克的首选血管活性药物(1B)

推荐说明:一项纳入32项研究、涉及3 544例成人脓毒性休克患者的荟萃分析发现,与多巴胺相比,使用去甲肾上腺素与患者全因死亡率降低有关($RR=0.89$,95% CI :0.81~0.98)^[144]。另一项纳入310例脓毒症伴低血压患者的单中心RCT显示,使用去甲肾上腺素治疗的患者复苏后6 h的休克控制率显著高于仅采用常规液体复苏治疗的患者(76.1%比48.4%, $OR=3.4$,95% CI :2.09~5.53, $P<0.05$),但两组28 d死亡率差异无统计学意义(15.5%比21.9%, $RR=0.79$,95% CI :0.53~1.11, $P=0.15$)^[145]。

(三)影响脓症患者围手术期液体治疗稳定性的调控因素

推荐意见 33:低蛋白血症是影响脓症患者治疗预后的重要因素,在脓毒性休克患者液体复苏中使用白蛋白可能降低病死率(推荐强度及证据分级:2C)

推荐说明:一项纳入136例脓毒症患者的单中

心回顾性研究发现,血浆白蛋白水平与患者死亡风险增加显著相关($HR=0.43$, $95\%CI: 0.24\sim0.76$, $P<0.05$)^[146]。一项纳入 1 818 例脓毒症患者的多中心 RCT 显示使用白蛋白治疗患者(接受 20% 白蛋白溶液与晶体液共同治疗)和仅接受晶体液治疗患者的病死率相似,但针对脓毒性休克患者的亚组分析发现白蛋白组治疗患者的死亡率明显降低($RR=0.87$, $95\%CI: 0.77\sim0.99$)^[147-148]。

三、烧伤患者的围手术期液体治疗

(一)烧伤患者液体治疗的液体类型选择

推荐意见 34: 推荐将白蛋白作为烧伤患者液体复苏的胶体液选择(推荐强度及证据分级:1C)

推荐说明: 一项纳入 8 项研究、688 例重度烧伤患者的荟萃分析发现,在烧伤前 24 h 内使用白蛋白与患者生存期的增加无显著关联,但在通过排除了两项高偏倚风险的研究消除异质性后,显示输注白蛋白与死亡率降低显著相关($OR=0.34$, $95\%CI: 0.19\sim0.58$, $P<0.05$);且骨筋膜室综合征发生率也显著下降($OR=0.19$, $95\%CI: 0.07\sim0.50$, $P<0.05$)^[149]。另一项纳入 91 例成人烧伤患者(烧伤总面积>20%)的单中心观察性研究显示,在传统复苏(定义为 2~3 h 内持续排尿量<0.5 ml/kg 或生命体征不稳定且需要持续输液)无效的情况下,输注白蛋白组的患者在复苏后 1 h 内的进/出液比值高于输注晶体液组($P<0.05$)^[150]。

推荐意见 35: 烧伤患者使用高渗液体复苏可能获益(推荐强度及证据分级:2C)

推荐说明: 一项纳入 10 项研究、502 例患者(烧伤总面积>15%)的荟萃分析发现,在伤后 24 h 内高渗液体复苏组的液体负荷显著低于等渗液体复苏组($MD=-0.54$, $95\%CI: -0.92\sim-0.17$),但两组间尿量($MD=0.05$, $95\%CI: -0.12\sim0.22$)、肌酐水平($MD=0.04$, $95\%CI: -0.10\sim0.17$)及全因死亡率($OR=1.18$, $95\%CI: 0.60\sim2.34$)差异无统计学意义^[151]。

(二)烧伤患者液体治疗的监测指标选择和转归评估

推荐意见 36: 推荐烧伤患者使用 GDFT 策略(推荐强度及证据分级:1D)

推荐说明: 一项纳入 95 例大面积烧伤患者(烧伤总面积≥50%或Ⅲ度烧伤面积≥20%)的单中心 RCT 显示,采用 GDFT 指导术中容量管理的患者 PPC(包括肺炎和氧合指数<300 mmHg)发生率低于采用常规容量管理的患者,且 GDFT 组术中及术后 1 d 的中心静脉-动脉二氧化碳分压差和血乳酸

水平也低于常规容量管理组($P<0.05$)^[152]。另一项纳入 120 例Ⅲ度烧伤患者的单中心 RCT 显示,在胶体输注量、输液总量、输血量、尿量、中心静脉血血氧饱和度和氧输送指数方面,GDFT 组均显著高于常规容量管理组($P<0.05$)^[153]。这些结果表明,GDFT 能够促进大面积烧伤患者围手术期的微循环,并在维持有效循环血容量方面发挥积极作用。

第十部分 大量失血成年患者的容量复苏

一、大量失血的定义

大量失血是指失血量较多且速度较快的情况下常导致机体循环血容量急剧下降,引发组织灌注不足和休克等临床表现,包括 24 h 内丢失 100% 循环血量、3 h 内丢失 50% 循环血量、每分钟丢失 150 ml 循环血量且影响循环稳定或失血达到 $1.5\text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ 并持续超过 20 min^[154-157]。

二、大量失血成年患者行容量复苏时液体及血制品种类选择

推荐意见 37: 对大量失血患者进行容量复苏时,大剂量输注羟乙基淀粉溶液需要关注对患者肾功能的影响(推荐强度及证据分级:1B)

推荐说明: 胶体液作为液体复苏的选择具有维持血管内渗透压的特点,有助于长时间维持有效循环血容量,但研究提示羟乙基淀粉溶液可能对肾功能和凝血功能产生不利影响,甚至可能引发过敏反应等不良事件^[158-164]。一项包含 38 项研究、10 290 例需容量复苏重症患者的荟萃分析显示,使用羟乙基淀粉溶液,与更高死亡率($RR=1.09$, $I^2=0$; 绝对风险(AR)=1.51%)、肾衰竭发生率($RR=1.27$, $I^2=26\%$; $AR=5.45\%$)和肾替代治疗率相关($RR=1.32$, $I^2=0$; $AR=3.12\%$)^[165]。一项回顾性研究通过分析德国 2002—2015 年创伤后 ICU 住院≥2 d 患者液体复苏情况,结果显示,在院前和急诊科接受>1 000 ml 羟乙基淀粉溶液治疗的患者,肾衰竭和肾替代治疗的发生率增加,且与多器官功能衰竭的风险增加相关^[158]。

推荐意见 38: 失血性休克患者行较长时间院前转运时,可考虑输注冰冻血浆(推荐强度及证据分级:1B)

推荐说明: 输注冰冻血浆对于纠正凝血功能障碍和减少出血至关重要。近年来研究显示,在直升机救援现场及途中优先给予冰冻血浆可维持更好的凝血状态而降低病死率、改善患者预后。针对符合大量输血指征的失血性休克患者,优先输注冰冻

血浆可作为大量输血方案的前置步骤以改善患者的生存获益^[166-168]。一项采用实用性、多中心、群随机的 3 期优越性试验设计评估院前输注冰冻血浆在失血性休克患者中的疗效和安全性研究,比较院前输注冰冻血浆与标准液体复苏在空中医疗运输中的效果。结果显示输注冰冻血浆组的 30 d 死亡率明显降低(23.2% 比 33.0%, $P<0.05$),且在各个预先指定的亚组中观察到了类似的治疗效果;Kaplan-Meier 曲线显示冰冻血浆输注组在随机分配后 3 h 就开始出现差异,并持续至 30 d 后,凝血酶原时间也较低。因此,该研究得出结论:对于存在失血性休克风险的外伤患者,院前冰冻血浆输注是安全的,且可改善凝血功能,降低 30 d 死亡率,为临床实践提供了重要的指导依据^[165]。另一项研究结果表明,失血性休克患者院前转运过程中输注 FFP 复苏与输注生理盐水复苏的 28 d 死亡率差异无统计学意义,这可能与该研究院前转运时间较短(16~19 min)有关^[167]。一项包含 2 项临床试验(PAMPer 和 COMBAT)、626 例创伤和失血性休克患者的事后联合分析探讨了院前血浆输注及院前转运时间对患者 28 d 死亡率的影响。结果显示院前输注 2 单位冰冻血浆后再接受标准液体治疗与患者总体生存获益显著相关($HR=0.65$, $P<0.05$),院前转运时间超过 20 min 的患者死亡率增加($HR=2.12$, $P<0.05$),接受院前血浆输注患者未观察到类似增加($HR=0.78$, $P=0.46$),表明当转运时间延长时,院前血浆输注可能有助于提高生存率^[168]。

当 FFP 储存超过 1 年转为普通冰冻血浆,其不含或仅含微量的因子 V、因子 VIII、因子 XI、因子 XIII 等。制备冷沉淀以后的残余血浆亦为普通冰冻血浆,同样不含或仅含微量的因子 V、因子 VIII、因子 XI、因子 XIII 等。由于目前国内不少城市使用 FFP 往往需提前预约,因此在临床大量输血使用血制品时应注意明确所用血浆是 FFP 还是普通冰冻血浆,后者包含的凝血因子有限而纠正凝血功能的功效亦可能不足。

推荐意见 39: 当失血过多需大量输注成分血时,推荐使用血浆:血小板:红细胞比例为 1:1:1 进行输注(推荐强度及证据分级:2A)

推荐说明: 基于一项比较大量输血患者不同输血方案对临床结局影响的研究,表明采用血浆:血小板:红细胞为 1:1:1 或 1:1:2 的比例输注,患者 24 h 及 30 d 死亡率差异无统计学意义,但 1:1:1 组 24 h 内止血成功率更高(86% 比 78%, $P<0.05$)、因

失血过多导致死亡率更低(9.2% 比 14.6%, $P<0.05$)^[169]。需要注意的是我国以全血(制备产生各 1 个单位红细胞、手工分离浓缩血小板和血浆)200 ml 为 1 个单位,红细胞悬液(150±15)ml 为 1 个单位,血浆 100 ml 为 1 个单位^[170-174]。目前国内中心血站提供的血小板以机采血小板为主,机采血小板也称单一供者血小板,是指用血细胞分离机从 1 名健康献血者血循环中 1 次采集 1 例患者 1~2 个治疗剂量的血小板,其他血液成分回输给该献血者。机采血小板每袋血小板数量 $\geq 2.5 \times 10^{11}$ 。1 袋机采血小板通常为 1 个治疗剂量,其血小板数量相当于 10 单位传统的手工分离浓缩血小板,因此按照血浆:血小板:红细胞比例为 1:1:1 进行输注时,换算为 10 单位血浆:1 个治疗剂量的机采血小板(1 袋):10 单位红细胞悬液^[171]。

三、大量失血成年患者行容量复苏时容量监测指标选择

推荐意见 40: 在无脑损伤临床征象时,如大出血未停止,推荐使用限制性输液策略,且保持收缩压在 80~90 mmHg,平均动脉压(MAP)在 50~60 mmHg;对于严重脑损伤患者[格拉斯哥昏迷评分(GCS) ≤ 8 分],建议维持 MAP 高于 80 mmHg 或维持收缩压高于 110 mmHg(推荐强度及证据分级:1B)

推荐说明: 两项荟萃分析结果显示,在没有脑损伤的创伤性休克患者中采用传统的液体复苏策略与低血压液体复苏策略,使用后一种策略的患者死亡率有所降低^[175-176],这一结果也得到了其他荟萃分析结果的支持^[177-178]。在手术止血干预前保持血压,既能适当恢复组织器官的血液灌注,又不扰乱机体内环境和代偿机制,可达到更好的复苏目标,通常以维持收缩压 80 mmHg 或可触及桡动脉搏动为目标。若无法达到该目标,可考虑下调至可触及颈动脉搏动或者维持伤者基础意识。一般情况下,收缩压达到 60 mmHg 时可触及颈动脉搏动。另有研究显示对于非颅脑损伤的创伤大出血患者,术前维持收缩压在 80~90 mmHg 范围内具有益处^[179]。而对于严重颅脑损伤患者(GCS ≤ 8 分),维持 MAP ≥ 80 mmHg^[180]或维持收缩压 >110 mmHg^[181],可显著降低脑继发性损伤率和死亡率。在条件具备的情况下,可监测脑氧饱和度,动态观察脑组织氧合状况。

四、大量失血时确保容量管理效果的出凝血功能监测与调控

推荐意见 41: 建议对大量失血患者的出凝血功能进行早期动态监测,包括血常规、凝血功能(如

血浆凝血功能和弹性凝血实验等),以指导容量复苏(推荐强度及证据分级:1C)

推荐说明:一项研究评估弹性凝血实验[血栓弹力图(TEG)或旋转血栓弹力图(ROTEM)]指导输血策略在心脏手术出血患者中的效益和危害,研究方法包括系统检索多个电子数据库,并对RCT试验进行了筛选和分析,同时行亚组和灵敏度分析以评估不同因素对结果的影响,结果显示TEG或ROTEM指导的输血策略可减少对血制品的需求,并改善出血患者的病情,但证据质量较低。结论指出越来越多的证据表明TEG或ROTEM指导的输血策略在改善出血患者的治疗中具有潜在价值,但需要更多低偏倚风险的研究来进一步确认其有效性^[182]。《欧洲创伤后严重出血和凝血障碍管理指南:第六版》^[14]、2022年第二次更新的《来自欧洲麻醉与重症监护学会的严重围手术期出血管理指南》^[183]和《出血患者凝血功能障碍的血栓弹力图检测:来自东部创伤外科协会的实践管理指南》^[184]是关于大量失血和凝血功能异常患者处理的权威指南。根据上述指南建议,对于已确诊的凝血功能障碍患者的治疗,应根据TEG或常规凝血功能测试的诊断结果,在经验性输血治疗的基础上,按需使用纠正凝血功能的治疗药物,并关注高危患者术后栓塞事件发生。

推荐意见 42:不建议经验性给予凝血因子复合物,应根据出凝血功能结果进行综合决策(推荐强度及证据分级:2A)

推荐说明:一项双盲、随机、安慰剂对照的临床研究评估因子Ⅳ凝血酶原复合物(4F-PCC)在有大量输血风险的创伤患者中的疗效和安全性,将1 ml/kg的4F-PCC(含因子Ⅸ 25 U/kg)与等量生理盐水静脉注射进行对照,结果显示接受4F-PCC患者24 h内总血液制品消耗量未显著减少,但血栓栓塞事件的发生率较高,因此不支持在有大量输血风险的创伤患者中使用4F-PCC^[185]。一项干预性、随机分组、开放标签、平行对照、国际多中心(CRYOSTAT-2)的临床研究旨在评估创伤患者早期给予高剂量冷沉淀物对患者生存率的影响,研究对象为需要激活医院大出血方案的成年创伤患者,结果显示冷沉淀物组与标准治疗组28 d全因死亡率差异无统计学意义(25.3%比26.1%, $P=0.74$),且安全性结果和血栓事件发生率差异无统计学意义,研究未能证明早期给予高剂量冷沉淀物对改善创伤患者的生存率有益^[186]。

推荐意见 43:在创伤性大失血患者中,推荐尽早使用氨甲环酸(推荐强度及证据分级:2A)

推荐说明:两项高质量RCT比较了氨甲环酸和安慰剂在创伤患者中的应用,表明氨甲环酸组全因死亡率和由于出血导致的死亡均明显下降^[187-188]。同时另一项在产后出血患者中的研究也得到类似的结果($HR=0.81, P<0.05$),并推荐在出血开始时即可给予氨甲环酸治疗^[189]。对于创伤性大失血患者或有严重出血风险的患者,应尽早使用氨甲环酸1 g静脉滴注(时间>10 min),8 h内追加1 g静脉滴注^[8]。

五、血管活性药物在大量失血容量复苏中的合理应用与潜在风险

推荐意见 44:需谨慎使用血管活性药物。对于危及生命的失血性休克($MAP<50$ mmHg或收缩压<70 mmHg),应考虑使用缩血管药物,首选药物为去甲肾上腺素。必要时可应用其他缩血管药物,如血管加压素(推荐强度及证据分级:1B)

推荐说明:一项回顾性队列研究旨在评估创伤性失血性休克患者使用缩血管药物与死亡率之间的关联,纳入了3 551例到达急诊科时收缩压<90 mmHg且在前24 h内接受输血治疗的患者。研究发现使用缩血管药物与高死亡率相关,调整多种因素后,缩血管药物组患者死亡率仍明显增高。因此,创伤性失血性休克患者使用缩血管药物可能增加死亡风险^[190]。另一项多中心研究,纳入7 141例创伤性休克患者,采用倾向性匹配法进行分析,结果表明早期使用去甲肾上腺素并不影响死亡率^[191]。一项探讨失血性休克复苏过程中血管加压素受体激动剂作用的系统评价和荟萃分析,包括13项动物研究和2项临床研究,发现接受血管加压素受体激动剂治疗的失血性休克患者与未接受治疗的患者在死亡风险方面差异无统计学意义^[192]。一项评估失血性休克的创伤患者中使用低剂量加压素(AVP)对输血制品需求影响的研究发现,接受AVP治疗的患者在48 h内需要的全血制品明显减少、深静脉血栓发生率较低,但不影响死亡率和总并发症,表明创伤患者复苏过程中使用低剂量AVP可能有助于减少血液制品的需求,但需进一步研究以确定其对患者病情和死亡率的影响^[193]。

第十一部分 液体治疗策略与术后严重并发症

一、液体治疗策略与围手术期PPC

推荐意见 45:术中输液量的增加可能与PPC增

加有关(推荐强度及证据分级:2C)

推荐说明:一项纳入 92 094 例接受全身麻醉气管插管非心脏手术的成年患者、针对术中输液管理对术后结局影响的回顾性研究发现,有 3 657 例(3.9%)患者发生了 PPC,增加输血量会增加 PPC 风险($OR=1.27, P<0.05$)^[194]。一项有关术中补液量对肺叶切除术患者 PPC 影响的研究发现,术中液体总量、晶体液、血液制品和输注速度、术后 48 h 内晶体液总量和输注速度对 PPC 有显著影响(均 $P<0.05$)。术中输液速度超过 $6\text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ 者,PPC 的发生率较高^[195]。

推荐意见 46:GDFT 有助于减少普通外科和心胸外科手术患者 PPC,联合正性肌力药物和(或)缩血管药物使用效果更明显(推荐强度及证据分级:1B)

推荐说明:一项纳入 11 项 RCT 研究、1 318 例患者的荟萃分析表明,相较于其他输液方式,GDFT 组 PPC 发生率较低($OR=0.48, P<0.05$)^[114]。一项系统回顾纳入 66 项 RCT、9 548 例患者表明,与单独使用 GDFT 相比,GDFT 治疗联合正性肌力药物和(或)缩血管药物可减少普通外科手术[含腹部手术(44 项 RCT, $OR=0.76, I^2=54\%, P<0.05$)及心胸外科手术(7 项 RCT, $OR=0.33, I^2=22\%, P<0.05$)]患者的 PPC 发生率^[196]。

二、液体治疗策略与围手术期肾脏并发症

推荐意见 47:输注常规剂量羟乙基淀粉溶液对大手术后肾功能没有明显影响(推荐强度及证据分级:2B)

推荐说明:2020 年纳入 775 例行腹部大手术并且术后并发症高风险患者的 FLASH 研究,比较了采用羟乙基淀粉与生理盐水行术中液体治疗对术后并发症发生率和死亡率的影响。结果发现手术当天羟乙基淀粉组(输注量 1 250 ml, 750~2 000 ml)与生理盐水组(输注量 1 500 ml, 750~2 150 ml)术后 14 d 内主要并发症发生率差异无统计学意义($IRD=3.3\%, RR=1.1, 95\%CI: 0.91\sim 1.34, P=0.33$),其中 AKI 发生率差异也无统计学意义($IRD=5.5\%, RR=1.34, 95\%CI: 1.00\sim 1.80, P=0.30$)^[197]。在另一项纳入 51 926 例接受非心脏手术患者的大型回顾性队列研究中,采用倾向性匹配法对比后发现,羟乙基淀粉组液体平均输注量为 8.5 ml/kg ,与晶体液行液体复苏的患者术后 AKI 发生率差异无统计学意义(2.0% 比 2.2%, $OR=0.90, P=0.25$),且羟乙基淀粉使用与患者术后 AKI 分期

严重程度并无直接关联($OR=0.90, P=0.26$)^[198]。另一项纳入 261 例 AKI 高危风险患者的多中心前瞻性队列研究显示,心脏手术中或术后接受羟乙基淀粉液体输注与 AKI 风险增加无关($OR=0.84, P=0.63$)^[199]。在一项纳入 19 项 RCT、1 567 例受试者分析术中羟乙基淀粉液体治疗对术后 AKI 和死亡风险影响的荟萃分析中发现,羟乙基淀粉组术后 AKI 发生风险无明显增加($RD=0.02$)^[200]。而一项纳入 85 项研究的荟萃分析发现,手术和创伤患者中使用羟乙基淀粉输注的患者术后肌酐增加程度低于其他对照液体(晶体及其他类型胶体)($MD=-3.5\text{ }\mu\text{mol/L}, Z=-6.83, P<0.05$),且术后 AKI 发生率相当($HR=1.14, Z=1.71, P=0.087$);亚组分析与其他胶体输注组比较,羟乙基淀粉输注患者 AKI 事件发生风险更低($HR=0.77, P<0.05$),与晶体液输注组对比,羟乙基淀粉输注组 AKI 事件发生率增高($OR=1.31, P<0.05$),但是血管收缩剂使用更少($OR=0.80, P<0.05$)、住院时间更短($MD=-0.38\text{ d}, P<0.05$)^[201]。

三、液体治疗相关术后严重并发症的敏感生物标记物与预测价值

推荐意见 48:N-末端 B 型利钠肽原(NT-proBNP)可作为非心脏手术术后心血管事件发生的生物学指标(推荐强度及证据分级:2C)

推荐说明:一项纳入 9 个国家、16 家医院、10 402 例>45 岁非心脏手术患者多中心队列研究,评价术前 N 末端 B 型利钠肽前体(NT-proBN)P 水平与术后心血管事件相关性,结果发现,与术前血清 NT-proBNP 水平低于 100 ng/L 比较,NT-proBNP 水平在 $100\sim 200\text{ ng/L}$ 、 $200\sim 1\,500\text{ ng/L}$ 、 $>1\,500\text{ ng/L}$ 时,术后心脏事件发生风险比升高至 2.27、3.63 和 5.82,心血管事件发生率分别为 12.3%(226/1 843)、20.8%(542/2 608)和 37.5%(223/595)^[202]。一篇纳入 18 项研究、2 179 例患者以评估术前和术后 B 型利钠肽(BNP)及 NT-proBNP 水平对非心脏手术患者术后死亡和心脏事件发生风险的荟萃分析发现,术后 BNP 和 NT-proBNP 水平升高是术后 30 d 内($HR=3.7, P<0.05$)和 180 d 以上($HR=2.2, P<0.05$)死亡和心脏事件发生的独立预测因子^[203]。一项对于围手术期患者的荟萃分析显示,术后 NT-proBNP 水平增加预示术后 $\geq 30\text{ d}$ 死亡和非致死性心肌梗死风险增加^[204]。2024 年一项单中心前瞻队列研究显示术前 NT-proBNP 升高是围手术期心血管并发症(即死亡率、心肌梗死和心力衰竭)的独立预测

因素^[205]。

推荐意见 49:中性粒细胞明胶酶相关脂质运载蛋白(NGAL)、尿白细胞介素 18(IL-18)有可能作为心脏手术后发生 AKI 相关的生物标志物(推荐强度及证据分级:2C)

推荐说明:一项纳入 1 219 例患者的多中心前瞻性队列研究,分析血浆/尿 NGAL 和尿 IL-18 是否为成人心脏手术术后 AKI 的生物标志物。结果发现,血浆/尿 NGAL 和尿 IL-18 在手术后 6 h 内显著升高,且血浆 NGAL 和尿 IL-18 升高分别提示术后 5 倍和 6.8 倍 AKI 发生风险^[206]。一项纳入 510 例患者的队列研究发现,术后 3 h 内尿 NGAL 升高可能与术后发生持续性 AKI 相关^[207]。

第十二部分 围手术期液体治疗与加速术后康复

一、围手术期液体治疗与术后早期摄食摄饮恢复

推荐意见 50:GDFT 有助于促进腹部大手术患者术后早期进食进饮(推荐强度及证据分级:1A)

推荐说明:一项基于 11 项 RCT 研究、纳入 1 281 例患者的荟萃分析表明,GDFT 组的并发症发生率较低($RR=0.84, P<0.05$)、首次排气时间缩短 0.4 d($P<0.05$)、术后进食等待时间缩短 0.74 d($P<0.05$)^[208]。另一项纳入 13 项 RCT、1 399 例患者的荟萃分析报道,GDFT 缩短了首次排便时间[加权平均差异(WMD)=-0.67 d, $P<0.05$]和术后首次口服摄入时间($WMD=-0.95$ d, $P<0.05$),并减少了术后恶心和呕吐(风险差异=-0.15, $P<0.05$)。当仅纳入高质量研究时,GDFT 仅缩短了术后进食等待时间($WMD=-1.18$ d, $P<0.05$)^[209]。在一项纳入 80 例大型骨科手术患者的 RCT 发现,与标准液体治疗组比较,基于 SVV 的 GDFT 组受试者动脉和胃黏膜内 pH 值更高,胃黏膜内二氧化碳分压更低,术后胀气时间更短^[210]。基于 SVV 的 GDFT 在脊柱大手术中的应用可减少失血和输血,改善术后呼吸功能,缩短 ICU 住院时间,并加快肠道功能恢复^[211]。

二、围手术期液体治疗与住院时间缩短

推荐意见 51:GDFT 有助于缩短手术后住院时间和 ICU 停留时间(推荐强度及证据分级:1A)

推荐说明:多项研究和系统综述均报道了 GDFT 在减少住院时间方面的优势。一项纳入 11 项 RCT、1 015 例患者的荟萃分析显示,GDFT 可缩短手术患者术后 ICU 住院时间($WMD=-1.43$ d)、

缩短术后住院时间($WMD=-1.96$ d),有降低死亡率的趋势($OR=0.55$)^[212]。另一篇纳入 95 项 RCT、11 659 例患者的荟萃分析发现,与标准液体治疗组比较,围手术期 GDFT 显著降低患者住院时间($MD=-0.9$ d, $P<0.05$)^[112]。一项纳入 23 项 RCT、2 099 例患者的荟萃分析表明,与传统液体治疗方案相比,GDFT 可显著降低并发症发病率($RR=0.76$)、缩短住院时间($MD=-1.55$ d)和 ICU 停留时间($MD=-0.63$ d)^[110]。

第十三部分 结 论

液体治疗是围手术期的关键环节,可直接影响患者预后。合理的液体管理不仅能够有效维持患者术中循环稳定,还可减少术后并发症,促进患者术后康复。然而,不同地区或医疗机构的液体治疗方案尚存在一定差异,这导致其临床实践的不一致性。为了提供基于最新证据的高效液体治疗策略,结合我国临床实际,特制订了中国成人患者围手术期液体治疗临床实践指南。

本指南涵盖了围手术期成人患者液体治疗的 11 个关键维度,共计推出 51 条推荐意见。每条推荐意见都基于国内外最新的研究证据和相关指南,同时结合我国临床实际情况,力求提供最优质的临床实践指导。通过这部指南,希望能够规范我国医疗机构围手术期液体治疗的临床决策过程,为成人患者提供更安全、更有效的液体治疗策略。

本指南制订专家组名单

牵头专家:王天龙(首都医科大学宣武医院麻醉科);欧阳文(中南大学湘雅三医院麻醉科);俞卫锋(上海交通大学附属仁济医院麻醉科)

执笔专家:王迎斌(兰州大学第二医院麻醉科);李民(北京大学第三医院麻醉科);肖玮(首都医科大学宣武医院麻醉科);黄长盛(中南大学湘雅医院麻醉科);严敏(浙江大学医学院附属第二医院麻醉科);魏珂(重庆医科大学附属第一医院麻醉科)

秘书组:肖玮(首都医科大学宣武医院麻醉科);周磊(中南大学湘雅三医院麻醉科);冯帅(首都医科大学宣武医院麻醉科)

顾问:吴新民(北京大学第一医院麻醉科);薛张纲(复旦大学附属中山医院麻醉科)

专家组成员(按姓氏汉语拼音排序):仓静(复旦大学附属中山医院麻醉科);陈世彪(南昌大学第一附属医院麻醉科);董海龙(空军军医大学西京医院麻醉科);顾卫东(复旦大学附属华东医院麻醉科);顾小萍(南京鼓楼医院麻醉科);

郭向阳(北京大学第三医院麻醉科);黑子清(中山大学附属第三医院麻醉科);李茜(四川大学华西医院麻醉科);刘斌(四川大学华西医院麻醉科);刘存明(南京医科大学第一附属医院麻醉科);刘克玄(南方医科大学南方医院麻醉科);刘学胜(安徽医科大学第一附属医院麻醉科);罗爱林(华中科技大学同济医学院附属同济医院麻醉科);马虹(中国医科大学第一医院麻醉科);米卫东(解放军总医院第一医学中心麻醉科);缪长虹(复旦大学附属中山医院麻醉科);戚思华(哈尔滨医科大学附属第四医院麻醉科);王东信(北京大学第一医院麻醉科);王英伟(复旦大学附属华山医院麻醉科);王月兰(山东省第一医科大学第一附属医院麻醉科);张加强(河南省人民医院麻醉科);赵晶(中日友好医院麻醉科)

利益冲突 所有作者声明不存在利益冲突

参 考 文 献

- [1] Miller TE, Myles PS. Perioperative fluid therapy for major surgery[J]. *Anesthesiology*, 2019, 130(5): 825-832. DOI: 10.1097/ALN.0000000000002603.
- [2] Mladinov D, Isaza E, Gosling AF, et al. Perioperative fluid management[J]. *Anesthesiol Clin*, 2023, 41(3): 613-629. DOI: 10.1016/j.anclin.2023.03.001.
- [3] 吴新民, 于布为, 薛张纲, 等. 麻醉手术期间液体治疗专家共识(2007)[J]. *中华麻醉学杂志*, 2008, 28(6): 485-489.
- [4] Chen Y, Yang K, Marušić A, et al. A reporting tool for practice guidelines in health care: the RIGHT statement [J]. *Ann Intern Med*, 2017, 166(2): 128-132. DOI: 10.7326/M16-1565.
- [5] Brouwers MC, Kho ME, Browman GP, et al. AGREE II : advancing guideline development, reporting and evaluation in health care[J]. *CMAJ*, 2010, 182(18): E839-E842. DOI: 10.1503/cmaj.090449.
- [6] Yang N, Liu H, Zhao W, et al. Development of the Scientific, Transparent and Applicable Rankings (STAR) tool for clinical practice guidelines[J]. *Chin Med J (Engl)*, 2023, 136(12): 1430-1438. DOI: 10.1097/CM9.0000000000002713.
- [7] Guyatt GH, Oxman AD, Vist GE, et al. GRADE: an emerging consensus on rating quality of evidence and strength of recommendations[J]. *BMJ*, 2008, 336(7650): 924-926. DOI: 10.1136/bmj.39489.470347.AD.
- [8] Spahn DR, Bouillon B, Cerny V, et al. The European guideline on management of major bleeding and coagulopathy following trauma: fifth edition[J]. *Crit Care*, 2019, 23(1): 98. DOI: 10.1186/s13054-019-2347-3.
- [9] 许幸. 麻醉手术期间液体治疗专家共识(2014版)解读[J]. *麻醉与监护论坛*, 2014, 21(6): 419-426.
- [10] Lewis SR, Pritchard MW, Evans DJ, et al. Colloids versus crystalloids for fluid resuscitation in critically ill people [J]. *Cochrane Database Syst Rev*, 2018, 8(8): CD000567. DOI: 10.1002/14651858.CD000567.pub7.
- [11] Rochwerg B, Alhazzani W, Sindi A, et al. Fluid resuscitation in sepsis: a systematic review and network meta-analysis[J]. *Ann Intern Med*, 2014, 161(5): 347-355. DOI: 10.7326/M14-0178.
- [12] Tseng CH, Chen TT, Wu MY, et al. Resuscitation fluid types in sepsis, surgical, and trauma patients: a systematic review and sequential network meta-analyses[J]. *Crit Care*, 2020, 24(1): 693. DOI: 10.1186/s13054-020-03419-y.
- [13] Finfer S, Micallef S, Hammond N, et al. Balanced multielectrolyte solution versus saline in critically ill adults[J]. *N Engl J Med*, 2022, 386(9): 815-826. DOI: 10.1056/NEJMoa2114464.
- [14] Rossaint R, Afshari A, Bouillon B, et al. The European guideline on management of major bleeding and coagulopathy following trauma: sixth edition[J]. *Crit Care*, 2023, 27(1): 80. DOI: 10.1186/s13054-023-04327-7.
- [15] Ongaigui C, Fiorda-Diaz J, Dada O, et al. Intraoperative fluid management in patients undergoing spine surgery: a narrative review[J]. *Front Surg*, 2020, 7: 45. DOI: 10.3389/fsurg.2020.00045.
- [16] 中华人民共和国国家卫生健康委员会. WS/T 796-2022 围手术期患者血液管理指南[S]. 北京: 中国标准出版社, 2022.
- [17] 陈海, 邓海波, 张星, 等. 琥珀酰明胶电解质醋酸钠注射液与琥珀酰明胶注射液围手术期输注的效果及安全性比较[J]. *国际医药卫生导报*, 2023, 29(17): 2452-2459. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1007-1245.2023.17.019.
- [18] 许幸, 吴新民, 薛张纲, 等. 全麻非心脏手术患者羟乙基淀粉 130/0.4 电解质注射液与羟乙基淀粉 130/0.4 氯化钠溶液容量治疗效果的比较: 多中心、前瞻、随机、双盲、对照研究[J]. *中华麻醉学杂志*, 2011, 31(10): 1165-1169. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-1416.2011.10.001.
- [19] Mendelson CL. The aspiration of stomach contents into the lungs during obstetric anesthesia[J]. *Am J Obstet Gynecol*, 1946, 52: 191-205. DOI: 10.1016/s0002-9378(16)39829-5.
- [20] 中华医学会外科学分会, 中华医学会麻醉学分会. 加速康复外科中国专家共识暨路径管理指南(2018)[J]. *中华麻醉学杂志*, 2018, 38(1): 8-13. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-1416.2018.01.003.
- [21] 余畅, 闵苏, 律峰, 等. ERAS 指导下缩短术前和术后禁饮时间的临床应用进展[J]. *中华麻醉学杂志*, 2022, 42(8): 1009-1013. DOI: 10.3760/cma.j.cn131073.20220408.00826.
- [22] Feldheiser A, Aziz O, Baldini G, et al. Enhanced recovery after surgery (ERAS) for gastrointestinal surgery, part 2: consensus statement for anaesthesia practice[J]. *Acta Anaesthesiol Scand*, 2016, 60(3): 289-334. DOI: 10.1111/aas.12651.
- [23] 左红霞, 张超, 黄健健, 等. 不同术前禁食禁饮时间对我国择期全身麻醉患者围手术期影响的系统评价[J]. *华西医学*, 2018, 33(8): 1005-1014. DOI: 10.7507/1002-0179.201605045.
- [24] Kotfis K, Jamioł-Milc D, Skonieczna-Żydecka K, et al. The effect of preoperative carbohydrate loading on clinical and biochemical outcomes after cardiac surgery: a systematic review and meta-analysis of randomized trials [J]. *Nutrients*, 2020, 12(10): 3105. DOI: 10.3390/nu12103105.
- [25] Amer MA, Smith MD, Herbison GP, et al. Network meta-analysis of the effect of preoperative carbohydrate loading on recovery after elective surgery[J]. *Br J Surg*, 2017, 104(3): 187-197. DOI: 10.1002/bjs.10408.
- [26] Gianotti L, Biffi R, Sandini M, et al. Preoperative oral carbohydrate load versus placebo in major elective abdominal surgery (PROCY): a randomized, placebo-controlled, multicenter, phase III trial[J]. *Ann Surg*, 2018, 267(4): 623-630. DOI: 10.1097/SLA.0000000000002325.
- [27] Stoelting RK, Miller RD. *Basics of Anesthesia* (5th ed)[M].

- Philadelphia, Churchill Livingstone Elsevier, 2007.
- [28] Holzer A, Sitter B, Kimberger O, et al. Body mass index does not affect intraoperative goal-directed fluid requirements[J]. *Minerva Anesthesiol*, 2019, 85(10): 1071-1079. DOI: 10.23736/S0375-9393.19.13396-2.
- [29] Frost P. Intravenous fluid therapy in adult inpatients[J]. *BMJ*, 2015, 350:g7620. DOI: 10.1136/bmj.g7620.
- [30] Gross JB. Estimating allowable blood loss: corrected for dilution[J]. *Anesthesiology*, 1983, 58(3): 277-280. DOI: 10.1097/00000542-198303000-00016.
- [31] Bourke DL, Smith TC. Estimating allowable hemodilution[J]. *Anesthesiology*, 1974, 41(6): 609-612. DOI: 10.1097/00000542-197412000-00015.
- [32] Camarasa MA, Ollé G, Serra-Prat M, et al. Efficacy of aminocaproic, tranexamic acids in the control of bleeding during total knee replacement: a randomized clinical trial[J]. *Br J Anaesth*, 2006, 96(5): 576-582. DOI: 10.1093/bja/ael057.
- [33] Charalambides M, Mavrou A, Jennings T, et al. A systematic review of the literature assessing operative blood loss and postoperative outcomes after colorectal surgery[J]. *Int J Colorectal Dis*, 2022, 37(1): 47-69. DOI: 10.1007/s00384-021-04015-4.
- [34] Kataoka H. Clinical significance of bilateral leg edema and added value of monitoring weight gain during follow-up of patients with established heart failure[J]. *ESC Heart Fail*, 2015, 2(4):106-115. DOI: 10.1002/ehf2.12043.
- [35] Tzur I, Izhakian S, Gorelik O. Orthostatic hypotension: definition, classification and evaluation[J]. *Blood Press*, 2019, 28(3):146-156. DOI: 10.1080/08037051.2019.1604067.
- [36] Rushing J. Assessing for dehydration in adults[J]. *Nursing*, 2009, 39(4): 14. DOI: 10.1097/01.NURSE.0000348406.04065.6d.
- [37] McGuire D, Gotlib A, King J. StatPearls//Treasure Island (FL), 2024.
- [38] Mark R. Castera, Mahesh B. Borhade. Fluid Management [M]. Treasure Island, StatPearls Publishing LLC, 2024.
- [39] Armstrong LE, Kavouras SA, Walsh NP, et al. Diagnosing dehydration? Blend evidence with clinical observations[J]. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care*, 2016, 19(6):434-438. DOI: 10.1097/MCO.0000000000000320.
- [40] Claire-Del Granado R, Mehta RL. Fluid overload in the ICU: evaluation and management[J]. *BMC Nephrol*, 2016, 17(1):109. DOI: 10.1186/s12882-016-0323-6.
- [41] Jaramillo S, Montane-Muntane M, Gambus PL, et al. Perioperative blood loss: estimation of blood volume loss or haemoglobin mass loss? [J]. *Blood Transfus*, 2020, 18(1):20-29. DOI: 10.2450/2019.0204-19.
- [42] 陈孝平, 汪建平, 赵继宗. 外科学(第9版)[M]. 北京:人民卫生出版社, 2018.
- [43] 中华医学会外科学分会. 外科病人围手术期液体治疗专家共识(2015)[J]. *中国实用外科杂志*, 2015, 35(9):960-966. DOI: 10.7504/CJPS.ISSN1005-2208.2015.09.14.
- [44] Wilms H, Mittal A, Haydock MD, et al. A systematic review of goal directed fluid therapy: rating of evidence for goals and monitoring methods[J]. *J Crit Care*, 2014, 29(2): 204-209. DOI: 10.1016/j.jcrc.2013.10.019.
- [45] Teboul JL, Monnet X, Chemla D, et al. Arterial pulse pressure variation with mechanical ventilation[J]. *Am J Respir Crit Care Med*, 2019, 199(1):22-31. DOI: 10.1164/rccm.201801-0088CI.
- [46] Toscani L, Aya HD, Antonakaki D, et al. What is the impact of the fluid challenge technique on diagnosis of fluid responsiveness? A systematic review and meta-analysis[J]. *Crit Care*, 2017, 21(1): 207. DOI: 10.1186/s13054-017-1796-9.
- [47] Messina A, Calabrò L, Pugliese L, et al. Fluid challenge in critically ill patients receiving haemodynamic monitoring: a systematic review and comparison of two decades[J]. *Crit Care*, 2022, 26(1): 186. DOI: 10.1186/s13054-022-04056-3.
- [48] Monnet X, Teboul JL. Passive leg raising[J]. *Intensive Care Med*, 2008, 34(4): 659-663. DOI: 10.1007/s00134-008-0994-y.
- [49] Monnet X, Marik P, Teboul JL. Passive leg raising for predicting fluid responsiveness: a systematic review and meta-analysis[J]. *Intensive Care Med*, 2016, 42(12): 1935-1947. DOI: 10.1007/s00134-015-4134-1.
- [50] Rhodes A, Evans LE, Alhazzani W, et al. Surviving sepsis campaign: international guidelines for management of sepsis and septic shock: 2016[J]. *Intensive Care Med*, 2017, 43(3):304-377. DOI: 10.1007/s00134-017-4683-6.
- [51] Cherpanath TG, Hirsch A, Geerts BF, et al. Predicting fluid responsiveness by passive leg raising: a systematic review and meta-analysis of 23 clinical trials[J]. *Crit Care Med*, 2016, 44(5):981-991. DOI: 10.1097/CCM.0000000000001556.
- [52] Marik PE, Cavallazzi R. Does the central venous pressure predict fluid responsiveness? An updated meta-analysis and a plea for some common sense[J]. *Crit Care Med*, 2013, 41(7): 1774-1781. DOI: 10.1097/CCM.0b013e31828a25fd.
- [53] Roy S, Couture P, Qizilbash B, et al. Hemodynamic pressure waveform analysis in predicting fluid responsiveness[J]. *J Cardiothorac Vasc Anesth*, 2013, 27(4):676-680. DOI: 10.1053/j.jvca.2012.11.002.
- [54] Keller G, Sinavsky K, Desebbe O, et al. Combination of continuous pulse pressure variation monitoring and cardiac filling pressure to predict fluid responsiveness[J]. *J Clin Monit Comput*, 2012, 26(6):401-405. DOI: 10.1007/s10877-012-9365-x.
- [55] Wujtewicz M. Fluid use in adult intensive care[J]. *Anaesthesiol Intensive Ther*, 2012, 44(2):92-95.
- [56] Wu CY, Lin YS, Tseng HM, et al. Comparison of two stroke volume variation-based goal-directed fluid therapies for supratentorial brain tumour resection: a randomized controlled trial[J]. *Br J Anaesth*, 2017, 119(5): 934-942. DOI: 10.1093/bja/aex189.
- [57] Benes J, Chytra I, Altmann P, et al. Intraoperative fluid optimization using stroke volume variation in high risk surgical patients: results of prospective randomized study[J]. *Crit Care*, 2010, 14(3):R118. DOI: 10.1186/cc9070.
- [58] Biais M, Ehrmann S, Mari A, et al. Clinical relevance of pulse pressure variations for predicting fluid responsiveness in mechanically ventilated intensive care unit patients: the grey zone approach[J]. *Crit Care*, 2014, 18(6):587. DOI: 10.1186/s13054-014-0587-9.
- [59] Huan S, Dai J, Song S, et al. Stroke volume variation for predicting responsiveness to fluid therapy in patients undergoing cardiac and thoracic surgery: a systematic review and meta-analysis[J]. *BMJ Open*, 2022, 12(5): e051112. DOI: 10.1136/bmjopen-2021-051112.
- [60] Messina A, Caporale M, Calabrò L, et al. Reliability of pulse

- pressure and stroke volume variation in assessing fluid responsiveness in the operating room: a metanalysis and a metaregression[J]. *Crit Care*, 2023, 27(1): 431. DOI: 10.1186/s13054-023-04706-0.
- [61] Messina A, Pelaia C, Bruni A, et al. Fluid challenge during anesthesia: a systematic review and meta-analysis[J]. *Anesth Analg*, 2018, 127(6): 1353-1364. DOI: 10.1213/ANE.0000000000003834.
- [62] McGee WT, Raghunathan K. Physiologic goal-directed therapy in the perioperative period: the volume prescription for high-risk patients[J]. *J Cardiothorac Vasc Anesth*, 2013, 27(6): 1079-1086. DOI: 10.1053/j.jvca.2013.04.019.
- [63] Choi SS, Kim SH, Kim YK. Fluid management in living donor hepatectomy: Recent issues and perspectives[J]. *World J Gastroenterol*, 2015, 21(45): 12757-12766. DOI: 10.3748/wjg.v21.i45.12757.
- [64] Zhang Z, Xu X, Ye S, et al. Ultrasonographic measurement of the respiratory variation in the inferior vena cava diameter is predictive of fluid responsiveness in critically ill patients: systematic review and meta-analysis[J]. *Ultrasound Med Biol*, 2014, 40(5): 845-853. DOI: 10.1016/j.ultrasmedbio.2013.12.010.
- [65] Akkaya A, Yesilaras M, Aksay E, et al. The interrater reliability of ultrasound imaging of the inferior vena cava performed by emergency residents[J]. *Am J Emerg Med*, 2013, 31(10): 1509-1511. DOI: 10.1016/j.ajem.2013.07.006.
- [66] Zengin S, Al B, Genc S, et al. Role of inferior vena cava and right ventricular diameter in assessment of volume status: a comparative study: ultrasound and hypovolemia [J]. *Am J Emerg Med*, 2013, 31(5): 763-767. DOI: 10.1016/j.ajem.2012.10.013.
- [67] Çelebi Ymanoğlu NG, Ymanoğlu A, Parlak İ, et al. The role of inferior vena cava diameter in volume status monitoring; the best sonographic measurement method? [J]. *Am J Emerg Med*, 2015, 33(3): 433-438. DOI: 10.1016/j.ajem.2014.12.014.
- [68] Feissel M, Michard F, Faller JP, et al. The respiratory variation in inferior vena cava diameter as a guide to fluid therapy[J]. *Intensive Care Med*, 2004, 30(9): 1834-1837. DOI: 10.1007/s00134-004-2233-5.
- [69] Barbier C, Loubières Y, Schmit C, et al. Respiratory changes in inferior vena cava diameter are helpful in predicting fluid responsiveness in ventilated septic patients[J]. *Intensive Care Med*, 2004, 30(9): 1740-1746. DOI: 10.1007/s00134-004-2259-8.
- [70] Schefold JC, Storm C, Bercker S, et al. Inferior vena cava diameter correlates with invasive hemodynamic measures in mechanically ventilated intensive care unit patients with sepsis[J]. *J Emerg Med*, 2010, 38(5): 632-637. DOI: 10.1016/j.jemermed.2007.11.027.
- [71] Vieillard-Baron A, Chergui K, Rabiller A, et al. Superior vena caval collapsibility as a gauge of volume status in ventilated septic patients[J]. *Intensive Care Med*, 2004, 30(9): 1734-1739. DOI: 10.1007/s00134-004-2361-y.
- [72] Ma Q, Ji J, Shi X, et al. Comparison of superior and inferior vena cava diameter variation measured with transthoracic echocardiography to predict fluid responsiveness in mechanically ventilated patients after abdominal surgery[J]. *BMC Anesthesiol*, 2022, 22(1): 150. DOI: 10.1186/s12871-022-01692-8.
- [73] Airapetian N, Maizel J, Alyamani O, et al. Does inferior vena cava respiratory variability predict fluid responsiveness in spontaneously breathing patients? [J]. *Crit Care*, 2015, 19: 400. DOI: 10.1186/s13054-015-1100-9.
- [74] Levitov A, Frankel HL, Blaivas M, et al. Guidelines for the appropriate use of bedside general and cardiac ultrasonography in the evaluation of critically ill patients-part II: cardiac ultrasonography[J]. *Crit Care Med*, 2016, 44(6): 1206-1227. DOI: 10.1097/CCM.0000000000001847.
- [75] Huang H, Shen Q, Liu Y, et al. Value of variation index of inferior vena cava diameter in predicting fluid responsiveness in patients with circulatory shock receiving mechanical ventilation: a systematic review and meta-analysis[J]. *Crit Care*, 2018, 22(1): 204. DOI: 10.1186/s13054-018-2063-4.
- [76] 申丽旻, 龙玲, 赵浩天, 等. 不同指标预测脓毒症休克合并心肌抑制患者容量反应性的准确性: 下腔静脉超声指标、PiCCO 指标、CVP 的比较[J]. *中华麻醉学杂志*, 2019, 39(5): 629-632. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-1416.2019.05.031.
- [77] Orso D, Paoli I, Piani T, et al. Accuracy of ultrasonographic measurements of inferior vena cava to determine fluid responsiveness: a systematic review and meta-analysis[J]. *J Intensive Care Med*, 2020, 35(4): 354-363. DOI: 10.1177/0885066617752308.
- [78] Si X, Xu H, Liu Z, et al. Does respiratory variation in inferior vena cava diameter predict fluid responsiveness in mechanically ventilated patients? A systematic review and meta-analysis[J]. *Anesth Analg*, 2018, 127(5): 1157-1164. DOI: 10.1213/ANE.0000000000003459.
- [79] Bubenek-Turconi ŞI, Hendy A, Băilă S, et al. The value of a superior vena cava collapsibility index measured with a miniaturized transoesophageal monoplane continuous echocardiography probe to predict fluid responsiveness compared to stroke volume variations in open major vascular surgery: a prospective cohort study[J]. *J Clin Monit Comput*, 2020, 34(3): 491-499. DOI: 10.1007/s10877-019-00346-4.
- [80] Miranda DR, Mekel J, Klein J, et al. Superior vena cava collapsibility as a gauge of volume status in ventilated septic patients[J]. *Intensive Care Med*, 2004, 30(12): 2282; author reply 2283. DOI: 10.1007/s00134-004-2473-4.
- [81] Hrishi AP, Sethuraman M, Menon G. Quest for the holy grail: assessment of echo-derived dynamic parameters as predictors of fluid responsiveness in patients with acute aneurysmal subarachnoid hemorrhage[J]. *Ann Card Anaesth*, 2018, 21(3): 243-248. DOI: 10.4103/aca.ACA_141_17.
- [82] Lan H, Zhou X, Xue J, et al. The ability of left ventricular end-diastolic volume variations measured by TEE to monitor fluid responsiveness in high-risk surgical patients during craniotomy: a prospective cohort study[J]. *BMC Anesthesiol*, 2017, 17(1): 165. DOI: 10.1186/s12871-017-0456-6.
- [83] Nagdev AD, Merchant RC, Tirado-Gonzalez A, et al. Emergency department bedside ultrasonographic measurement of the caval index for noninvasive determination of low central venous pressure[J]. *Ann Emerg Med*, 2010, 55(3): 290-295. DOI: 10.1016/j.annemergmed.2009.04.021.
- [84] Kent A, Patil P, Davila V, et al. Sonographic evaluation of

- intravascular volume status: can internal jugular or femoral vein collapsibility be used in the absence of IVC visualization? [J]. *Ann Thorac Med*, 2015, 10(1): 44-49. DOI: 10.4103/1817-1737.146872.
- [85] Bauman Z, Coba V, Gassner M, et al. Inferior vena cava collapsibility loses correlation with internal jugular vein collapsibility during increased thoracic or intra-abdominal pressure[J]. *J Ultrasound*, 2015, 18(4): 343-348. DOI: 10.1007/s40477-015-0181-2.
- [86] Via G, Tavazzi G, Price S. Ten situations where inferior vena cava ultrasound may fail to accurately predict fluid responsiveness: a physiologically based point of view[J]. *Intensive Care Med*, 2016, 42(7): 1164-1167. DOI: 10.1007/s00134-016-4357-9.
- [87] Long E, Oakley E, Duke T, et al. Does respiratory variation in inferior vena cava diameter predict fluid responsiveness: a systematic review and meta-analysis[J]. *Shock*, 2017, 47(5): 550-559. DOI: 10.1097/SHK.0000000000000801.
- [88] Messmer AS, Zingg C, Müller M, et al. Fluid overload and mortality in adult critical care patients-a systematic review and meta-analysis of observational studies[J]. *Crit Care Med*, 2020, 48(12): 1862-1870. DOI: 10.1097/CCM.0000000000004617.
- [89] Piccoli A. Bioelectric impedance measurement for fluid status assessment[J]. *Contrib Nephrol*, 2010, 164: 143-152. DOI: 10.1159/000313727.
- [90] Jue J, Chung W, Schiller NB. Does inferior vena cava size predict right atrial pressures in patients receiving mechanical ventilation? [J]. *J Am Soc Echocardiogr*, 1992, 5(6):613-619. DOI: 10.1016/s0894-7317(14)80327-1.
- [91] Wu J, Li J, Chen H, et al. Optimization of central venous pressure during the perioperative period is associated with improved prognosis of high-risk operation patients [J]. *J Intensive Med*, 2023, 3(2):165-170. DOI: 10.1016/j.jointm.2022.06.003.
- [92] De Backer D, Vincent JL. Should we measure the central venous pressure to guide fluid management? Ten answers to 10 questions[J]. *Crit Care*, 2018, 22(1): 43. DOI: 10.1186/s13054-018-1959-3.
- [93] Furtado S, Reis L. Inferior vena cava evaluation in fluid therapy decision making in intensive care: practical implications[J]. *Rev Bras Ter Intensiva*, 2019, 31(2): 240-247. DOI: 10.5935/0103-507X.20190039.
- [94] Elgenidy A, Amin MA, Awad AK, et al. The use of lung ultrasound in evaluation of extravascular lung water in hemodialysis patients: systematic review and meta-analysis[J]. *Hemodial Int*, 2024, 28(2): 148-161. DOI: 10.1111/hdi.13141.
- [95] Di Nicolò P, Tavazzi G, Nannoni L, et al. Inferior vena cava ultrasonography for volume status evaluation: an intriguing promise never fulfilled[j]. *J Clin Med*, 2023, 12(6):2217. DOI: 10.3390/jcm12062217.
- [96] Konstam MA, Kiernan MS, Bernstein D, et al. Evaluation and management of right-sided heart failure: a scientific statement from the American Heart Association[J]. *Circulation*, 2018, 137(20): e578-e622. DOI: 10.1161/CIR.0000000000000560.
- [97] Denault AY, Langevin S, Lessard MR, et al. Transthoracic echocardiographic evaluation of the heart and great vessels[J]. *Can J Anaesth*, 2018, 65(4): 449-472. DOI: 10.1007/s12630-018-1068-4.
- [98] Calvo-Vecino JM, Ripollés-Melchor J, Mythen MG, et al. Effect of goal-directed haemodynamic therapy on postoperative complications in low-moderate risk surgical patients: a multicentre randomised controlled trial (FEDORA trial) [J]. *Br J Anaesth*, 2018, 120(4): 734-744. DOI: 10.1016/j.bja.2017.12.018.
- [99] De Backer D, Aissaoui N, Cecconi M, et al. How can assessing hemodynamics help to assess volume status?[J]. *Intensive Care Med*, 2022, 48(10): 1482-1494. DOI: 10.1007/s00134-022-06808-9.
- [100] Assaad S, Kratzert WB, Shelley B, et al. Assessment of pulmonary edema: principles and practice[J]. *J Cardiothorac Vasc Anesth*, 2018, 32(2): 901-914. DOI: 10.1053/j.jvca.2017.08.028.
- [101] Schapka E, Gee J, Cyrus JW, et al. Lung Ultrasound versus chest X-Ray for the detection of fluid overload in critically ill children: a systematic review[J]. *J Pediatr Intensive Care*, 2022, 11(3):177-182. DOI: 10.1055/s-0041-1725123.
- [102] Chiu L, Jairam MP, Chow R, et al. Meta-analysis of point-of-care lung ultrasonography versus chest radiography in adults with symptoms of acute decompensated heart failure[J]. *Am J Cardiol*, 2022, 174(7):89-95. DOI: 10.1016/j.amjcard.2022.03.022.
- [103] Maw AM, Hassanin A, Ho PM, et al. Diagnostic accuracy of point-of-care lung ultrasonography and chest radiography in adults with symptoms suggestive of acute decompensated heart failure: a systematic review and meta-analysis[J]. *JAMA Netw Open*, 2019, 2(3):e190703. DOI: 10.1001/jamanetworkopen.2019.0703.
- [104] Assaad S, Shelley B, Perrino A. Transpulmonary thermodilution: its role in assessment of lung water and pulmonary edema[J]. *J Cardiothorac Vasc Anesth*, 2017, 31(4):1471-1480. DOI: 10.1053/j.jvca.2017.02.018.
- [105] Gavelli F, Shi R, Teboul JL, et al. Extravascular lung water levels are associated with mortality: a systematic review and meta-analysis[J]. *Crit Care*, 2022, 26(1): 202. DOI: 10.1186/s13054-022-04061-6.
- [106] Dres M, Teboul JL, Guerin L, et al. Transpulmonary thermodilution enables to detect small short-term changes in extravascular lung water induced by a bronchoalveolar lavage[J]. *Crit Care Med*, 2014, 42(8): 1869-1873. DOI: 10.1097/CCM.0000000000000341.
- [107] Dong LJ, Li J, Liu W, et al. Diagnostic efficacy of lung ultrasound in cardiogenic pulmonary edema: a systematic review and meta-analysis[J]. *Eur Rev Med Pharmacol Sci*, 2023, 27(15):6947-6955. DOI: 10.26355/eurrev_202308_33267.
- [108] Kan C, Skaggs JD. Current commonly used dynamic parameters and monitoring systems for perioperative goal-directed fluid therapy: a review[J]. *Yale J Biol Med*, 2023, 96(1):107-123. DOI: 10.59249/JOAP6662.
- [109] Zhang X, Zheng W, Chen C, et al. Goal-directed fluid therapy does not reduce postoperative ileus in gastrointestinal surgery: a meta-analysis of randomized controlled trials[J]. *Medicine (Baltimore)*, 2018, 97(45): e13097. DOI: 10.1097/MD.00000000000013097.
- [110] Rollins KE, Lobo DN. Intraoperative goal-directed fluid therapy in elective major abdominal surgery: a meta-analysis of randomized controlled trials[J]. *Ann Surg*, 2016, 263(3): 465-476. DOI: 10.1097/SLA.

- 0000000000001366.
- [111] Corcoran T, Rhodes JE, Clarke S, et al. Perioperative fluid management strategies in major surgery: a stratified meta-analysis[J]. *Anesth Analg*, 2012, 114(3): 640-651. DOI: 10.1213/ANE.0b013e318240d6eb.
- [112] Chong MA, Wang Y, Berbenetz NM, et al. Does goal-directed haemodynamic and fluid therapy improve peri-operative outcomes?: A systematic review and meta-analysis[J]. *Eur J Anaesthesiol*, 2018, 35(7): 469-483. DOI: 10.1097/EJA.0000000000000778.
- [113] Giglio M, Dalfino L, Puntillo F, et al. Hemodynamic goal-directed therapy and postoperative kidney injury: an updated meta-analysis with trial sequential analysis[J]. *Crit Care*, 2019, 23(1): 232. DOI: 10.1186/s13054-019-2516-4.
- [114] Li X, Zhang Q, Zhu Y, et al. Effect of perioperative goal-directed fluid therapy on postoperative complications after thoracic surgery with one-lung ventilation: a systematic review and meta-analysis[J]. *World J Surg Oncol*, 2023, 21(1): 297. DOI: 10.1186/s12957-023-03169-5.
- [115] Han S, Wu X, Li P, et al. The impact of goal-directed fluid therapy on postoperative pulmonary complications in patients undergoing thoracic surgery: a systematic review and meta-analysis[J]. *J Cardiothorac Surg*, 2024, 19(1):60. DOI: 10.1186/s13019-024-02519-y.
- [116] Yang SH, Lin YS, Lee CN, et al. Implications of continuous noninvasive finger cuff arterial pressure device use during cesarean delivery for goal-directed fluid therapy preload optimization: a randomized controlled trial[J]. *Biomed Res Int*, 2021: 6685584. DOI: 10.1155/2021/6685584.
- [117] Xiao W, Duan QF, Fu WY, et al. Goal-directed fluid therapy may improve hemodynamic stability of parturient with hypertensive disorders of pregnancy under combined spinal epidural anesthesia for cesarean delivery and the well-being of newborns[J]. *Chin Med J (Engl)*, 2015, 128(14):1922-1931. DOI: 10.4103/0366-6999.160546.
- [118] Joosten A, Coeckelenbergh S, Alexander B, et al. Hydroxyethyl starch for perioperative goal-directed fluid therapy in 2020: a narrative review[J]. *BMC Anesthesiol*, 2020, 20(1):209. DOI: 10.1186/s12871-020-01128-1.
- [119] Arulkumaran N, Corredor C, Hamilton MA, et al. Cardiac complications associated with goal-directed therapy in high-risk surgical patients: a meta-analysis[J]. *Br J Anaesth*, 2014, 112(4):648-659. DOI: 10.1093/bja/aet466.
- [120] Zhao CC, Ye Y, Li ZQ, et al. Effect of goal-directed fluid therapy on renal function in critically ill patients: a systematic review and meta-analysis[J]. *Ren Fail*, 2022, 44(1):777-789. DOI: 10.1080/0886022X.2022.2072338.
- [121] Deng QW, Tan WC, Zhao BC, et al. Is goal-directed fluid therapy based on dynamic variables alone sufficient to improve clinical outcomes among patients undergoing surgery? A meta-analysis[J]. *Crit Care*, 2018, 22(1): 298. DOI: 10.1186/s13054-018-2251-2.
- [122] Berger MM, Gradwohl-Matis I, Brunauer A, et al. Targets of perioperative fluid therapy and their effects on postoperative outcome: a systematic review and meta-analysis[J]. *Minerva Anesthesiol*, 2015, 81(7): 794-808.
- [123] Benes J, Giglio M, Brienza N, et al. The effects of goal-directed fluid therapy based on dynamic parameters on post-surgical outcome: a meta-analysis of randomized controlled trials[J]. *Crit Care*, 2014, 18(5): 584. DOI: 10.1186/s13054-014-0584-z.
- [124] Zhao X, Zhang L, Brackett A, et al. Hemodynamic management and surgical site infection: network meta-analysis of randomized controlled trials[J]. *J Clin Anesth*, 2020, 67: 110021. DOI: 10.1016/j.jclinane. 2020. 110021.
- [125] Feldheiser A, Casans Francés R, Stopfkuchen-Evans M. Meta-analysis of goal-directed fluid therapy using transoesophageal Doppler monitoring in patients undergoing elective colorectal surgery[J]. *BJS Open*, 2020, 4(1):164-165. DOI: 10.1002/bjs5.50229.
- [126] Wu F, Liang T, Xiao W, et al. Norepinephrine in goal-directed fluid therapy during general anesthesia in elderly patients undergoing spinal operation: determining effective infusion rate to enhance postoperative functions[J]. *Curr Genomics*, 2021, 22(8): 620-629. DOI: 10.2174/1389202922666211213104944.
- [127] 王天龙, 孔萃萃. 推动中国老年患者麻醉与围手术期管理的创新与实践[J]. *中华医学杂志*, 2022, 102(5):315-317. DOI: 10.3760/cma.j.cn112137-20210817-01866.
- [128] 宣冬生, 郑立东. TEE 指导 GDFT 联合小剂量去甲肾上腺素用于老年腹腔镜结直肠癌手术的临床观察[J]. *蚌埠医学院学报*, 2019, 44(5): 585-589. DOI: 10.13898/j. cnki. issn. 1000-2200.2019.05.006.
- [129] Kaufmann KB, Stein L, Bogatyreva L, et al. Oesophageal Doppler guided goal-directed haemodynamic therapy in thoracic surgery-a single centre randomized parallel-arm trial[J]. *Br J Anaesth*, 2017, 118(6): 852-861. DOI: 10.1093/bja/aew447.
- [130] Feng S, Yang S, Xiao W, et al. Effects of perioperative goal-directed fluid therapy combined with the application of alpha-1 adrenergic agonists on postoperative outcomes: a systematic review and meta-analysis[J]. *BMC Anesthesiol*, 2018, 18(1): 113. DOI: 10.1186/s12871-018-0564-y.
- [131] Pang Q, Liu H, Chen B, et al. Restrictive and liberal fluid administration in major abdominal surgery[J]. *Saudi Med J*, 2017, 38(2):123-131. DOI: 10.15537/smj.2017.2.15077.
- [132] Schol PB, Terink IM, Lancé MD, et al. Liberal or restrictive fluid management during elective surgery: a systematic review and meta-analysis[J]. *J Clin Anesth*, 2016, 35: 26-39. DOI: 10.1016/j.jclinane.2016.07.010.
- [133] Messina A, Robba C, Calabrò L, et al. Perioperative liberal versus restrictive fluid strategies and postoperative outcomes: a systematic review and metanalysis on randomised-controlled trials in major abdominal elective surgery[J]. *Crit Care*, 2021, 25(1): 205. DOI: 10.1186/s13054-021-03629-y.
- [134] Chen BP, Chen M, Bennett S, et al. Systematic review and meta-analysis of restrictive perioperative fluid management in pancreaticoduodenectomy[J]. *World J Surg*, 2018, 42(9): 2938-2950. DOI: 10.1007/s00268-018-4545-6.
- [135] Burkhard FC, Studer UE, Wuethrich PY. Superior functional outcome after radical cystectomy and orthotopic bladder substitution with restrictive intraoperative fluid management: a followup study of a randomized clinical trial[J]. *J Urol*, 2015, 193(1):173-178.

- DOI: 10.1016/j.juro.2014.07.109.
- [136] Wuethrich PY, Burkhard FC. Improved perioperative outcome with norepinephrine and a restrictive fluid administration during open radical cystectomy and urinary diversion[J]. *Urol Oncol*, 2015, 33(2): 66 e21-4. DOI: 10.1016/j.urolonc.2014.07.018.
- [137] Myles PS, Bellomo R, Corcoran T, et al. Restrictive versus liberal fluid therapy for major abdominal surgery[J]. *N Engl J Med*, 2018, 378(24): 2263-2274. DOI: 10.1056/NEJMoa1801601.
- [138] Thomson R, Meeran H, Valencia O, et al. Goal-directed therapy after cardiac surgery and the incidence of acute kidney injury[J]. *J Crit Care*, 2014, 29(6): 997-1000. DOI: 10.1016/j.jcrc.2014.06.011.
- [139] Osawa EA, Rhodes A, Landoni G, et al. Effect of perioperative goal-directed hemodynamic resuscitation therapy on outcomes following cardiac surgery: a randomized clinical trial and systematic review[J]. *Crit Care Med*, 2016, 44(4): 724-733. DOI: 10.1097/CCM.0000000000001479.
- [140] Douglas IS, Alapat PM, Corl KA, et al. Fluid response evaluation in sepsis hypotension and shock: a randomized clinical trial[J]. *Chest*, 2020, 158(4): 1431-1445. DOI: 10.1016/j.chest.2020.04.025.
- [141] Feng M, McSparron JI, Kien DT, et al. Transthoracic echocardiography and mortality in sepsis: analysis of the MIMIC-III database[J]. *Intensive Care Med*, 2018, 44(6): 884-892. DOI: 10.1007/s00134-018-5208-7.
- [142] Brown SM, Pittman JE, Hirshberg EL, et al. Diastolic dysfunction and mortality in early severe sepsis and septic shock: a prospective, observational echocardiography study[J]. *Crit Ultrasound J*, 2012, 4(1): 8. DOI: 10.1186/2036-7902-4-8.
- [143] Gu WJ, Zhang Z, Bakker J. Early lactate clearance-guided therapy in patients with sepsis: a meta-analysis with trial sequential analysis of randomized controlled trials[J]. *Intensive Care Med*, 2015, 41(10): 1862-1863. DOI: 10.1007/s00134-015-3955-2.
- [144] Avni T, Lador A, Lev S, et al. Vasopressors for the treatment of septic shock: systematic review and meta-analysis[J]. *PLoS One*, 2015, 10(8): e0129305. DOI: 10.1371/journal.pone.0129305.
- [145] Permpikul C, Tongyoo S, Viarasilpa T, et al. Early use of norepinephrine in septic shock resuscitation (CENSER). A randomized trial[J]. *Am J Respir Crit Care Med*, 2019, 199(9): 1097-1105. DOI: 10.1164/rccm.201806-1034OC.
- [146] Takegawa R, Kabata D, Shimizu K, et al. Serum albumin as a risk factor for death in patients with prolonged sepsis: an observational study[J]. *J Crit Care*, 2019, 51: 139-144. DOI: 10.1016/j.jcrc.2019.02.004.
- [147] Caironi P, Tognoni G, Masson S, et al. Albumin replacement in patients with severe sepsis or septic shock [J]. *N Engl J Med*, 2014, 370(15): 1412-1421. DOI: 10.1056/NEJMoa1305727.
- [148] 王美平, 姜利, 朱波, 等. 液体平衡与不同表型脓毒症患者预后的关系研究 [J]. *中华医学杂志*, 2022, 102(47): 3756-3762. DOI: 10.3760/cmaj.cn112137-20220516-01068.
- [149] Navickis RJ, Greenhalgh DG, Wilkes MM. Albumin in burn shock resuscitation: a meta-analysis of controlled clinical studies[J]. *J Burn Care Res*, 2016, 37(3): e268-e278. DOI: 10.1097/BCR.0000000000000201.
- [150] Comish P, Walsh M, Castillo-Angeles M, et al. Adoption of rescue colloid during burn resuscitation decreases fluid administered and restores end-organ perfusion[J]. *Burns*, 2021, 47(8): 1844-1850. DOI: 10.1016/j.burns.2021.02.005.
- [151] Kao Y, Loh EW, Hsu CC, et al. Fluid resuscitation in patients with severe burns: a meta-analysis of randomized controlled trials[J]. *Acad Emerg Med*, 2018, 25(3): 320-329. DOI: 10.1111/ace.13333.
- [152] 梁冰, 黄浩然, 曾健豪, 等. 目标导向血流动力学治疗对大面积烧伤患者削痂植皮术后短期并发症的影响[J]. *华中科技大学学报(医学版)*, 2022, 51(5): 683-689. DOI: 10.3870/j.issn.1672-0741.2022.05.016.
- [153] 杜亮, 高巍巍, 张秀敏, 等. 以每搏变异率为指导的目标导向液体治疗在大面积烧伤手术患者术中的应用[J]. *中国急救医学*, 2023, 43(5): 337-343. DOI: 10.3969/j.issn.1002-1949.2023.05.001.
- [154] Erber WN. Massive blood transfusion in the elective surgical setting[J]. *Transfus Apher Sci*, 2002, 27(1): 83-92. DOI: 10.1016/s1473-0502(02)00029-0.
- [155] Stainsby D, MacLennan S, Hamilton PJ. Management of massive blood loss: a template guideline[J]. *Br J Anaesth*, 2000, 85(3): 487-491. DOI: 10.1093/bja/85.3.487.
- [156] Association of Anaesthetists of Great Britain and Ireland, Thomas D. Blood transfusion and the anaesthetist: management of massive haemorrhage[J]. *Anaesthesia*, 2010, 65(11): 1153-1161. DOI: 10.1111/j.1365-2044.2010.06538.x.
- [157] Green L, Stanworth S, McQuilten Z, et al. International forum on the management of major haemorrhage: summary[J]. *Vox Sang*, 2022, 117(5): 746-753. DOI: 10.1111/vox.13244.
- [158] Hilbert-Carius P, Schwarzkopf D, Reinhart K, et al. Synthetic colloid resuscitation in severely injured patients: analysis of a nationwide trauma registry (TraumaRegister DGU)[J]. *Sci Rep*, 2018, 8(1): 11567. DOI: 10.1038/s41598-018-30053-0.
- [159] Antonelli M, Sandroni C. Hydroxyethyl starch for intravenous volume replacement: more harm than benefit [J]. *JAMA*, 2013, 309(7): 723-724. DOI: 10.1001/jama.2013.851.
- [160] Zarbock A, Buhre W. Hydroxyethyl starch in the perioperative period: friend, foe, or still an unsolved issue? [J]. *Anesth Analg*, 2022, 134(4): 683-685. DOI: 10.1213/ANE.0000000000005903.
- [161] Hartog CS, Reuter D, Loesche W, et al. Influence of hydroxyethyl starch (HES) 130/0.4 on hemostasis as measured by viscoelastic device analysis: a systematic review[J]. *Intensive Care Med*, 2011, 37(11): 1725-1737. DOI: 10.1007/s00134-011-2385-z.
- [162] Perner A, Haase N, Guttormsen AB, et al. Hydroxyethyl starch 130/0.42 versus Ringer's acetate in severe sepsis [J]. *N Engl J Med*, 2012, 367(2): 124-134. DOI: 10.1056/NEJMoa1204242.
- [163] Hydroxyethyl Starch or Saline for Fluid Resuscitation in Intensive Care[J]. *N Engl J Med*, 2016, 374(13): 1298. DOI: 10.1056/NEJMc160007.
- [164] Mutter TC, Ruth CA, Dart AB. Hydroxyethyl starch (HES) versus other fluid therapies: effects on kidney function[J]. *Cochrane Database Syst Rev*, 2013, 2013(7): CD007594. DOI: 10.1002/14651858.CD007594.pub3.
- [165] Zarychanski R, Abou-Setta AM, Turgeon AF, et al.

- Association of hydroxyethyl starch administration with mortality and acute kidney injury in critically ill patients requiring volume resuscitation: a systematic review and meta-analysis[J]. *JAMA*, 2013, 309(7): 678-688. DOI: 10.1001/jama.2013.430.
- [166] Sperry JL, Guyette FX, Brown JB, et al. Prehospital plasma during air medical transport in trauma patients at risk for hemorrhagic shock[J]. *N Engl J Med*, 2018, 379(4): 315-326. DOI: 10.1056/NEJMoa1802345.
- [167] Moore HB, Moore EE, Chapman MP, et al. Plasma-first resuscitation to treat haemorrhagic shock during emergency ground transportation in an urban area: a randomised trial[J]. *Lancet*, 2018, 392(10144): 283-291. DOI: 10.1016/S0140-6736(18)31553-8.
- [168] Pusateri AE, Moore EE, Moore HB, et al. Association of prehospital plasma transfusion with survival in trauma patients with hemorrhagic shock when transport times are longer than 20 minutes: a post hoc analysis of the PAMPer and COMBAT clinical trials[J]. *JAMA Surg*, 2020, 155(2):e195085. DOI: 10.1001/jamasurg.2019.5085.
- [169] Holcomb JB, Tilley BC, Baraniuk S, et al. Transfusion of plasma, platelets, and red blood cells in a 1 : 1:1 vs a 1 : 1:2 ratio and mortality in patients with severe trauma: the PROPPR randomized clinical trial[J]. *JAMA*, 2015, 313(5):471-482. DOI: 10.1001/jama.2015.12.
- [170] Walter K. Blood donation[J]. *JAMA*, 2023, 330(19):1921. DOI: 10.1001/jama.2023.16345.
- [171] 中华人民共和国国家卫生健康委员会. GB18469-2012 全血及成分血质量要求[S]. 北京: 中国标准出版社, 2012.
- [172] 中华人民共和国国家卫生健康委员会. 血站技术操作规程 (2019 版) [EB/OL]. (2019-4-28). <http://www.nhc.gov.cn/yzygj/s7658/201905/bdd4f4ccd15c4201bfb6d9e7492d7fab.shtml>
- [173] CDC. Get involved: donate blood. Save lives[EB/OL]. 2021. <https://blogs.cdc.gov/publichealthmatters/2021/06/blooddonorday/>.
- [174] 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.
- [175] Tran A, Yates J, Lau A, et al. Permissive hypotension versus conventional resuscitation strategies in adult trauma patients with hemorrhagic shock: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials [J]. *J Trauma Acute Care Surg*, 2018, 84(5):802-808. DOI: 10.1097/TA.0000000000001816.
- [176] Safiejko K, Smereka J, Filipiak KJ, et al. Effectiveness and safety of hypotension fluid resuscitation in traumatic hemorrhagic shock: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials[J]. *Cardiol J*, 2022, 29(3):463-471. DOI: 10.5603/CJ.a2020.0096.
- [177] Owattanapanich N, Chittawatanarat K, Benyakorn T, et al. Risks and benefits of hypotensive resuscitation in patients with traumatic hemorrhagic shock: a meta-analysis[J]. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med*, 2018, 26(1):107. DOI: 10.1186/s13049-018-0572-4.
- [178] Joseph B, Azim A, Zangbar B, et al. Improving mortality in trauma laparotomy through the evolution of damage control resuscitation: analysis of 1, 030 consecutive trauma laparotomies[J]. *J Trauma Acute Care Surg*, 2017, 82(2):328-333. DOI: 10.1097/TA.0000000000001273.
- [179] Leibner E, Andreae M, Galvagno SM, et al. Damage control resuscitation[J]. *Clin Exp Emerg Med*, 2020, 7(1): 5-13. DOI: 10.15441/ceem.19.089.
- [180] Abdelmalik PA, Draghic N, Ling G. Management of moderate and severe traumatic brain injury[J]. *Transfusion*, 2019, 59(S2): 1529-1538. DOI: 10.1111/trf.15171.
- [181] Geeraerts T, Velly L, Abdenmour L, et al. Management of severe traumatic brain injury (first 24 hours) [J]. *Anaesth Crit Care Pain Med*, 2018, 37(2):171-186. DOI: 10.1016/j.accpm.2017.12.001.
- [182] Wikkelsø A, Wetterslev J, Møller AM, et al. Thromboelastography (TEG) or thromboelastometry (ROTEM) to monitor haemostatic treatment versus usual care in adults or children with bleeding[J]. *Cochrane Database Syst Rev*, 2016, 2016(8): CD007871. DOI: 10.1002/14651858.CD007871.pub3.
- [183] Kietaihl S, Ahmed A, Afshari A, et al. Management of severe peri-operative bleeding: guidelines from the European Society of Anaesthesiology and Intensive Care: second update 2022[J]. *Eur J Anaesthesiol*, 2023, 40(4): 226-304. DOI: 10.1097/EJA.0000000000001803.
- [184] Bugaev N, Como JJ, Golani G, et al. Thromboelastography and rotational thromboelastometry in bleeding patients with coagulopathy: practice management guideline from the Eastern Association for the Surgery of Trauma[J]. *J Trauma Acute Care Surg*, 2020, 89(6): 999-1017. DOI: 10.1097/TA.0000000000002944.
- [185] Bouzat P, Charbit J, Abback PS, et al. Efficacy and safety of early administration of 4-factor prothrombin complex concentrate in patients with trauma at risk of massive transfusion: the PROCOAG randomized clinical trial[J]. *JAMA*, 2023, 329(16): 1367-1375. DOI: 10.1001/jama.2023.4080.
- [186] Davenport R, Curry N, Fox EE, et al. Early and empirical high-dose cryoprecipitate for hemorrhage after traumatic injury: the CRYOSTAT-2 randomized clinical trial[J]. *JAMA*, 2023, 330(19):1882-1891. DOI: 10.1001/jama.2023.21019.
- [187] Roberts I, Perel P, Prieto-Merino D, et al. Effect of tranexamic acid on mortality in patients with traumatic bleeding: prespecified analysis of data from randomised controlled trial[J]. *BMJ*, 2012, 345:e5839. DOI: 10.1136/bmj.e5839.
- [188] PATCH-Trauma Investigators and the ANZICS Clinical Trials Group, Gruen RL, Mitra B, et al. Prehospital tranexamic acid for severe trauma[J]. *N Engl J Med*, 2023, 389(2):127-136. DOI: 10.1056/NEJMoa2215457.
- [189] WOMAN Trial Collaborators. Effect of early tranexamic acid administration on mortality, hysterectomy, and other morbidities in women with post-partum haemorrhage (WOMAN): an international, randomised, double-blind, placebo-controlled trial[J]. *Lancet*, 2017, 389(10084): 2105-2116. DOI: 10.1016/S0140-6736(17)30638-4.
- [190] Aoki M, Abe T, Saitoh D, et al. Use of vasopressor increases the risk of mortality in traumatic hemorrhagic shock: a nationwide cohort study in Japan[J]. *Crit Care Med*, 2018, 46(12): e1145-e1151. DOI: 10.1097/CCM.0000000000003428.
- [191] Gauss T, Gayat E, Harrois A, et al. Effect of early use of noradrenaline on in-hospital mortality in haemorrhagic shock after major trauma: a propensity-score analysis[J]. *Br J Anaesth*, 2018, 120(6): 1237-1244. DOI: 10.1016/j.bja.2018.02.032.

- [192] Laou E, Papagiannakis N, Papadopoulou A, et al. Effects of vasopressin receptor agonists during the resuscitation of hemorrhagic shock: a systematic review and meta-analysis of experimental and clinical studies[J]. *J Pers Med*, 2023, 13(7):1143. DOI: 10.3390/jpm13071143.
- [193] Sims CA, Holena D, Kim P, et al. Effect of low-dose supplementation of arginine vasopressin on need for blood product transfusions in patients with trauma and hemorrhagic shock: a randomized clinical trial[J]. *JAMA Surg*, 2019, 154(11): 994-1003. DOI: 10.1001/jamasurg.2019.2884.
- [194] Shin CH, Long DR, McLean D, et al. Effects of intraoperative fluid management on postoperative outcomes: a hospital registry study[J]. *Ann Surg*, 2018, 267(6):1084-1092. DOI: 10.1097/SLA.0000000000002220.
- [195] Arslantas MK, Kara HV, Tuncer BB, et al. Effect of the amount of intraoperative fluid administration on postoperative pulmonary complications following anatomic lung resections[J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2015, 149(1): 314-320, 321. e1. DOI: 10.1016/j.jtcvs.2014.08.071.
- [196] Dushianthan A, Knight M, Russell P, et al. Goal-directed haemodynamic therapy (GDHT) in surgical patients: systematic review and meta-analysis of the impact of GDHT on post-operative pulmonary complications[J]. *Perioper Med (Lond)*, 2020, 9: 30. DOI: 10.1186/s13741-020-00161-5.
- [197] Futier E, Garot M, Godet T, et al. Effect of hydroxyethyl starch vs saline for volume replacement therapy on death or postoperative complications among high-risk patients undergoing major abdominal surgery: the FLASH randomized clinical trial[J]. *JAMA*, 2020, 323(3):225-236. DOI: 10.1001/jama.2019.20833.
- [198] Yang MJ, Chen N, Ye CY, et al. Association between hydroxyethyl starch 130/0.4 administration during noncardiac surgery and postoperative acute kidney injury: a propensity score-matched analysis of a large cohort in China[J]. *J Clin Anesth*, 2024, 96: 111493. DOI: 10.1016/j.jclinane.2024.111493.
- [199] Nagore D, Candela A, Bürge M, et al. Hydroxyethyl starch and acute kidney injury in high-risk patients undergoing cardiac surgery: a prospective multicenter study[J]. *J Clin Anesth*, 2021, 73: 110367. DOI: 10.1016/j.jclinane. 2021. 110367.
- [200] Gillies MA, Habicher M, Jhanji S, et al. Incidence of postoperative death and acute kidney injury associated with i.v. 6% hydroxyethyl starch use: systematic review and meta-analysis[J]. *Br J Anaesth*, 2014, 112(1): 25-34. DOI: 10.1093/bja/aet303.
- [201] Chappell D, van der Linden P, Ripollés-Melchor J, et al. Safety and efficacy of tetrastarches in surgery and trauma: a systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials[J]. *Br J Anaesth*, 2021, 127(4):556-568. DOI: 10.1016/j.bja.2021.06.040.
- [202] Duceppe E, Patel A, Chan M, et al. Preoperative N-terminal pro-B-type natriuretic peptide and cardiovascular events after noncardiac surgery: a cohort study[J]. *Ann Intern Med*, 2020, 172(2):96-104. DOI: 10.7326/M19-2501.
- [203] Rodseth RN, Biccard BM, Le Manach Y, et al. The prognostic value of pre-operative and post-operative B-type natriuretic peptides in patients undergoing noncardiac surgery: B-type natriuretic peptide and N-terminal fragment of pro-B-type natriuretic peptide: a systematic review and individual patient data meta-analysis[J]. *J Am Coll Cardiol*, 2014, 63(2):170-180. DOI: 10.1016/j.jacc.2013.08.1630.
- [204] Rodseth RN, Biccard BM, Le Manach Y, et al. The prognostic value of pre-operative and post-operative B-type natriuretic peptides in patients undergoing noncardiac surgery: B-type natriuretic peptide and N-terminal fragment of pro-B-type natriuretic peptide: a systematic review and individual patient data meta-analysis[J]. *J Am Coll Cardiol*, 2014, 63(2):170-180. DOI: 10.1016/j.jacc.2013.08.1630.
- [205] Schmidt G, Frieling N, Schneck E, et al. Preoperative routine measurement of NT-proBNP predicts postoperative morbidity after non-cardiac surgery with intermediate or high surgical risk: an observational study [J]. *BMC Anesthesiol*, 2024, 24(1): 113. DOI: 10.1186/s12871-024-02488-8.
- [206] Parikh CR, Coca SG, Thiessen-Philbrook H, et al. Postoperative biomarkers predict acute kidney injury and poor outcomes after adult cardiac surgery[J]. *J Am Soc Nephrol*, 2011, 22(9): 1748-1757. DOI: 10.1681/ASN. 2010121302.
- [207] Au V, Feit J, Barasch J, et al. Urinary neutrophil gelatinase-associated lipocalin (NGAL) distinguishes sustained from transient acute kidney injury after general surgery[J]. *Kidney Int Rep*, 2016, 1(1):3-9. DOI: 10.1016/j.ekir.2016.04.003.
- [208] Xu C, Peng J, Liu S, et al. Goal-directed fluid therapy versus conventional fluid therapy in colorectal surgery: a meta analysis of randomized controlled trials[J]. *Int J Surg*, 2018, 56:264-273. DOI: 10.1016/j.ijssu.2018.06.034.
- [209] Gómez-Izquierdo JC, Feldman LS, Carli F, et al. Meta-analysis of the effect of goal-directed therapy on bowel function after abdominal surgery[J]. *Br J Surg*, 2015, 102(6):577-589. DOI: 10.1002/bjs.9747.
- [210] Peng K, Li J, Cheng H, et al. Goal-directed fluid therapy based on stroke volume variations improves fluid management and gastrointestinal perfusion in patients undergoing major orthopedic surgery[J]. *Med Princ Pract*, 2014, 23(5):413-420. DOI: 10.1159/000363573.
- [211] Bacchin MR, Ceria CM, Giannone S, et al. Goal-directed fluid therapy based on stroke volume variation in patients undergoing major spine surgery in the prone position: a cohort study[J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2016, 41(18): E1131-E1137. DOI: 10.1097/BRS.0000000000001601.
- [212] Dave C, Shen J, Chaudhuri D, et al. Dynamic assessment of fluid responsiveness in surgical ICU patients through stroke volume variation is associated with decreased length of stay and costs: a systematic review and meta-analysis[J]. *J Intensive Care Med*, 2020, 35(1):14-23. DOI: 10.1177/0885066618805410.