

doi:10.3969/j.issn.1005-3697.2021.09.018

◆ 校庆约稿 ◆



周宗科

专家简介

周宗科(1968 -),男,教授,一级专家,博士研究生导师,四川大学华西医院骨科主任兼党支部书记、关节外科主任。1992年毕业于川北医学院。四川省学术与技术带头人,国家卫健委大骨节病及氟骨症治疗专家组副组长。入选四川省“天府万人计划”天府名医,获人民网·人民健康首届“人民好医生”学术成就-科技创新典范(2020年)。先后主持国家和省级课题14项,以第一或通讯作者发表论文150余篇,作为项目负责人获2017年四川省科技进步奖一等奖。

华西医院骨科关节置换术加速康复围手术期血液管理 临床实践及成效

曾伟南,杨静,沈彬,康鹏德,裴福兴,周宗科
(四川大学华西医院骨科,四川成都 610041)

【摘要】目的:探讨加速康复围手术期血液管理策略在我科关节置换术患者的临床实践及成效。**方法:**全面分析总结四川大学华西医院骨科关节置换术患者术前、术中及术后开展的血液管理策略,并分析取得的相关成效。**结果:**目前我科髋、膝关节置换术患者围手术期血液管理策略主要包括:术前优化造血及治疗贫血、术中减少出血及术后治疗贫血及合理输血。其中术前包括患者贫血原因筛查及治疗等;术中包括优化手术操作技术、控制性降压、氨甲环酸使用及血液回输等;术后包括冰敷和加压包扎、氨甲环酸使用,贫血纠正,合理输血等。通过以上管理策略的实施,我科髋、膝关节置换术患者围手术期血红蛋白水平得到持续提升,输血率明显降低,节约大量血源。目前髋、膝关节置换术患者围手术期输血率已降至0.8%以下,取得令人满意的效果。**结论:**我科髋、膝关节置换术围手术期血液管理策略取得了良好的成效,为骨科手术围手术期血液管理进一步优化提供参考。

【关键词】华西医院骨科;人工全髋关节置换术;人工全膝关节置换术;血液管理

【中图分类号】 R687.4;R457.1 **【文献标志码】** A

Clinical practice and effect of perioperative blood management for enhanced recovery after surgery of the department of orthopedics of West China Hospital

ZENG Wei-nan, YANG Jing, SHEN Bin, KANG Peng-de, PEI Fu-xing, ZHOU Zong-ke
(Department of Orthopedics, West China Hospital, Sichuan University, Chengdu 610041, Sichuan, China)

【Abstract】 Objective: To evaluate the clinical practice and effects of the perioperative blood management for enhanced recovery after surgery in our department. **Methods:** To analyze the preoperative, intraoperative and postoperative blood management strategies and the results achieved on patients who undergoing hip and knee arthroplasty in the Department of Orthopedics of West China Hospital. **Results:** The blood management strategies for patients who received THA or TKA in our department mainly include: preoperative, intraoperative and postoperative blood management strategies. The preoperative blood management strategies including: optimize hematopoiesis, and treat anemia, the intraoperative blood management strategies including: improving surgical techniques, intraoperative use of tranexamic acid, controlled hypotension and blood doping, and postoperative blood management strategies including: postoperative use of tranexamic acid, treat anemia, rational transfusion, pressure dressing and ice compress. By the implementation of the above management

作者简介:曾伟南(1986 -),男,博士。E-mail:weinanzen@163.com

通讯作者:周宗科。E-mail:zhouzongke@scu.edu.cn

strategies, the perioperative hemoglobin level was continuously improved and the blood transfusion rate was persisting declined in recent years. The blood transfusion rate was dropped below 0.8%, satisfactory results had been achieved. **Conclusion:** Satisfactory blood management results have been achieved on patients who received THA or TKA in our department which can be expected to provide reference for the further improvement of perioperative blood management.

[Key words] Department of Orthopedics of West China Hospital; Total hip arthroplasty; Total knee arthroplasty; Blood management

加速康复外科 (enhanced recovery after surgery, ERAS) 由欧洲学者在 2001 年提出, 包括建立以病人为中心的多学科团队, 利用多种策略解决导致病人术后恢复延迟和并发症发生的因素, 给予患者基于循证医学证据的科学护理方案, 通过互动及连续评估不断改进患者管理^[1]。因此, ERAS 强调的不仅限于速度, 更重要的是恢复的质量。ERAS 在多个外科亚专业中获得了广泛的应用, ERAS 的理念也适用于骨科手术患者, 特别是接受髋关节置换术 (total hip arthroplasty, THA) 及膝关节置换术 (total knee arthroplasty, TKA) 的患者^[2]。为进一步规范髋、膝关节置换术患者围手术期管理, 加快患者术后康复, 提高患者生活质量, 四川大学华西医院骨科于 2010 年开始围绕患者教育、康复、饮食管理、镇痛、尿管管理、引流管管理、睡眠管理、血液管理及血栓管理等多方面开展髋、膝关节置换围手术期加速康复实践。其中, 加强围术期血液管理是 ERAS 的核心和基石。我科以围手术期血液管理为重点开展了广泛的临床研究, 在该领域取得多项重要研究成果, 在骨科加速康复围手术期血液管理方面具有重要的行业影响力。

1 术前血液管理

术前优化造血及治疗贫血, 术前应确定和管理患者出血风险, 规划手术方案, 尽量减少医源性失血。髋、膝关节置换术患者, 术前血红蛋白浓度目标值应大于或等于 100 g/L。贫血患者接受治疗的血红蛋白浓度起始值参照 WHO 贫血诊断标准: 男性 < 130 g/L, 女性 < 120 g/L。对于术前贫血的髋、膝关节置换术患者, 围手术期均应加强营养支持, 包括蛋白的摄入。围术期给予高蛋白饮食, 提高白蛋白水平, 可明显降低手术风险、减少并发症^[3-4]。同时, 还可补充叶酸片及复合维生素。对于缺铁性贫血患者, 则应补充铁剂和促红细胞生成素 (erythropoietin, EPO)。对于门诊患者可采用 4 万单位 EPO 每周皮下注射 1 次, 同时每日口服铁剂 300 mg。对于住院患者则首剂给予 4 万单位 EPO 皮下注射, 之后每日给予 1 万单位 EPO 皮下注射, 同时每日静脉补充铁剂 100 mg。术前贫血纠正 Hb ≥ 100 g/L 才能择期手术。研究发现门诊干预 1 个月平均可提升

Hb 23.6 g/L, 而住院患者经干预 5 ~ 7 d 平均可提升 Hb 15.7 g/L。而经 EPO 及铁剂治疗后, 髋、膝关节置换术患者术后第一天及第三天平均 Hb 水平均优于对照组 (115.45 ± 15.91 g/L vs. 112.40 ± 17.15 g/L, 116.26 ± 13.67 g/L vs. 113.90 ± 14.91 g/L, $P < 0.001$)^[5]。

2 术中血液管理

2.1 优化手术操作技术

术前应熟悉髋、膝关节周围血管走向, 可采用微创髋膝关节置换技术减少术中出血, 如采用组织间隙入路等。全髋关节置换术中, 在使用后外侧入路时, 切开外旋肌群时容易损伤旋股内外侧动脉横支, 轻柔分开臀大肌, 处理臀下血管分支, 注意对梨状肌及股方肌伴行血管的保护与处理。在使用内侧髋旁入路时, 膝上内侧动脉和膝下内侧动脉分支容易出血, 在切开时应注意分层游离, 逐层切开, 熟悉解剖, 及时且有效止血, 减少术中出血。保留关节滑膜也可减少围手术期失血。切除关节滑膜可能对降低炎症反应、缓解疼痛及改善关节功能具有一定作用, 但可导致出血及血肿形成等并发症。Kilicarslan 等^[6]进行的一项前瞻性随机对照研究提示, TKA 术中滑膜切除对术后疼痛评分、膝关节活动度及膝关节术后功能没有影响, 但滑膜切除组术后引流量较对照组多 107 mL, 差异有统计学意义 ($P < 0.05$)。Kooner 等^[7]的一项 Meta 分析, 亦得出类似的结论。本科室进行的一项前瞻性随机对照研究中, 纳入了 80 例 TKA 患者, 随机分为滑膜切除组和滑膜保留组, 每组各 40 例, 结果提示, TKA 术中滑膜切除对术后疼痛评分、膝关节活动度、膝关节术后功能没有影响。但滑膜切除组术后引流量较对照组多 91 mL, 差异有统计学意义 ($P < 0.05$)。见表 1。

表 1 切除滑膜对引流、活动度、疼痛及关节评分的影响 ($\bar{x} \pm s$)

项目	滑膜切除组 (n=40)	对照组 (n=40)	差值	P 值
引流量 (mL)	417 ± 196	326 ± 175	91	< 0.01
术后 3 个月活动度	115 ± 7.0	116 ± 9.0	-1.0	NS
术后 3 个月 VAS 评分	1.2 ± 0.2	1.1 ± 0.2	0.1	NS
术后 3 个月 KSS 评分	85.9 ± 7.2	86.7 ± 6.4	-0.8	NS

2.2 术中氨甲环酸的使用

手术创伤及止血带的应用常导致关节置换术后

纤溶亢进,是导致围术期失血的重要原因,抗纤溶药应用是减少失血的重要一环。氨甲环酸(tranexamic acid, TXA)作为赖氨酸的合成衍生物,能和纤溶酶原结合,竞争性抑制纤溶酶原与纤维蛋白结合,降低纤溶酶活性,具有抗纤溶作用^[8]。运用TXA可以明显减少围术期出血,降低输血率,且不会增加静脉血栓栓塞及肺栓塞发生的风险^[9]。其应用途径包括单纯静脉、单纯局部、静脉联合局部及单纯口服等,可根据体重进行计算,可单次使用也可多次使用。在我科进行的一项前瞻性随机对照研究中,纳入了124例初次THA患者,随机分为对照组、10 mg/kg、15 mg/kg三组,于切皮前10 min静滴完毕,可有效减少THA围术期总出血量及输血率,其中15 mg/kg剂量组效果更佳,可将患者输血率由26.3%降至2.4%^[10]。术中局部使用TXA对减少围手术期出血也有一定作用。研究发现,术中局部使用TXA可将患者的输血率由19.8%降至7.5%^[11],而切皮前联合术中局部给药可进一步减少失血^[12]。目前,我科术中氨甲环酸常用使用方法如下:切皮前5~10 min,按40~60 mg/kg的剂量静脉使用TXA,术中局部可再使用1 g。

2.3 术中其它技术的使用

控制性降压。将平均动脉血压减低至基础血压的70%(平均动脉压50~60 mmHg),收缩压控制在90~100 mmHg,且不造成重要器官的缺血缺氧损害^[13]。控制性降压可使手术野出血量随血压降低而减少,有效减少出血;降低血管张力,有利于血管手术操作;同时可减少止血带的应用,缩短手术时间。Paul等^[14]进行的一项Meta分析,纳入了636例患者,其中包括7项THA研究、8项颌面外科手术研究、1项TKA研究及1项脊柱手术研究,结果显示控制性降压可减少约287 mL的失血量,并减少约667 mL的输血量。我科一项回顾性队列研究提示:将收缩压控制在90~100 mmHg,可显著减少术中及总失血量,且不明显增加围手术期相关并发症^[15]。而对高血压患者,术前应控制血压平稳(<140/90 mmHg),这将有利于术中血压的控制。

术中血液回输技术。将术中失血经回收或引流、过滤、离心及抗凝后回输体内的技术。因为回输的血是经过稀释、去纤维蛋白甚至部分溶血的,因此回输的血液量有限。预计术中出血量达总血容量10%以上(400 mL以上)或手术难度大、时间长,或失血可能导致输血者应采用血液回输。Bodegom-Vos等^[16] Meta分析纳入43项研究(5 631例患者),包括THA研究11项,TKA研究19项,THA/TKA研究6项,其它研究7项,结果显示血液回输

(术中/术后)可有效降低THA/TKA异体输血风险及输血量。目前,我科TKA、THA术中血液回输使用率在3%~5%。同时,为了减少围手术期并发症的发生,改善患者术后关节功能,我科术中已不再常规使用气压止血带。研究发现,术中不使用气压止血带,亦可降低术后输血率^[17]。

3 术后血液管理

3.1 术后氨甲环酸的使用

术后氨甲环酸的使用策略有多种,可选择静脉及口服使用,目前临床以静脉给药更为常见。THA可每隔6 h给予10 mg/kg或1 g TXA,TKA可每隔3~4 h给予10 mg/kg或1 g TXA。我科围绕术后氨甲环酸的使用进行了多项临床试验。我们的研究发现术后3、6、12、18及24 h可各使用1 g TXA,可进一步减少围手术期失血量^[12,18-19]。在术后两次静脉给药研究中,发现术后3、6 h分别使用1 g TXA可将THA围手术期失血量由(679.28 ± 277.16) mL降至(402.13 ± 225.97) mL^[12]。而在术后四次静脉给药研究中,发现与术后两次静脉给药方案相比,术后3、6、12、18及24 h分别使用1 g TXA可将TKA围手术期失血量由(839.5 ± 291.4) mL降至(596.0 ± 275.4) mL,可将THA围手术期失血量由(949.1 ± 422.2) mL降至(459.7 ± 295.0) mL^[18,20]。而在术后五次静脉给药研究与安慰剂组相比,术后3、6、12、18及24 h分别使用1 g TXA可将TKA围手术期失血量由(987.65 ± 275.38) mL降至(515.51 ± 245.79) mL^[19]。200名接受THA患者,随机分为A、B、C、D四组,纳入口服TXA研究,其中A组术前口服2.0 g TXA;B组术前口服2.0 g TXA,术后3 h再次口服1.0 g TXA;C组术前口服2.0 g TXA,术后3、9 h分别再次口服1.0 g TXA;D组术前口服2.0 g TXA,术后3、9、15 h分别再次口服1.0 g TXA。四组患者围手术期平均失血量分别为:(983.6 ± 286.7) mL、(792.2 ± 293.0) mL、(630.8 ± 229.9) mL及(553.0 ± 186.1) mL。因此,术后使用氨甲环酸可明显改善患者围手术期失血量。术前、术中及术后多次使用TXA可明显降低髌膝关节置换术输血率^[21-22]。

3.2 术后贫血纠正

如术后患者Hb < 70 g/L,可考虑输血。对于术后Hb < 100 g/L的患者,如患者有贫血症状者,可考虑输血。但需注意异体输血不良反应,如过敏和非溶血性发热等,异体输血还可增加围术期感染发生率及术后死亡率^[23-24],因此宜采用限制性输血策略:THA/TKA围术期实行严格输血指征及单一单

位输血量,可有效降低输血率及输血量,并且不会影响患者生存及预后^[25-26]。对于术后 Hb < 100 g/L 的患者,可使用静脉铁剂加 EPO,使用剂量和频次与术前贫血者的纠正方案一致。对于术后 Hb > 100 g/L 的患者,可单纯口服铁剂。

3.3 术后其它技术的使用

目前,本科室术后已不再常规放置引流管。我们发现,不放置引流管对减少术后血红蛋白的下降具有一定作用^[27]。同时,术后冰敷和加压包扎对关节置换术后失血的减少也有一定的作用。冰敷具有显著的止血、消肿、镇痛作用,我科对 TKA/THA 患者术后常规进行冰敷,单次冰敷时间 30 min,2 次/d,连续进行 24 h。此外,对 TKA 患者术后常规进行加压包扎,一般至术后第 1 天拆除加压包扎。

4 2014 - 2016 年本科室行关节置换的患者围手术期血红蛋白水平统计结果

对 2014 至 2016 年本科室某医疗组行关节置换术患者围手术期血红蛋白水平进行统计发现,经过围手术期综合血液管理策略的实施,2015 年髌、膝关节置换术患者术后 1、3、5 d 患者血红蛋白水平较 2014 年的患者有明显改善 ($P < 0.05$),2016 年髌、膝关节置换术患者术后 1、3、5 d 患者血红蛋白水平较 2015 年的患者也有明显改善 ($P < 0.05$)。与此同时,该三年髌、膝关节置换术患者围手术期白蛋白水平也得到了明显的改善 ($P < 0.05$)。对华西医院 2012 至 2014 年髌/膝关节置换术 5265 例患者围术期输血率的统计结果显示,THA 患者 3 年输血率依次为:7.98%、6.88%及 4.00%;TKA 患者 3 年输血率依次为:7.32%、7.20%及 2.04%,输血率逐年下降。2015 年,TKA 及 THA 患者围手术期输血率已降至 2% 以下,到 2019 年时输血率进一步降至 0.8% 以下。见表 2、表 3 及图 1。

表 2 我科一个医疗组髌、膝关节置换术患者血红蛋白三年变化 ($\bar{x} \pm s$)

血红蛋白	2014 年	2015 年	2016 年	P 值
术前	125.1 ± 15.2	125.9 ± 14.8	128.1 ± 10.1	0.54
术后 1 d	103.6 ± 14.1	106.2 ± 15.9	115.4 ± 10.7	0.001
术后 2 d	97.8 ± 12.7	98.9 ± 14.5	103.2 ± 13.2	0.011
术后 5 d	102.4 ± 8.6	105.8 ± 13.7	108.5 ± 8.6	0.032

表 3 我科一个医疗组髌、膝关节置换术患者白蛋白三年变化 ($\bar{x} \pm s$)

血红蛋白	2014 年	2015 年	2016 年	P 值
术前	40.5 ± 4.2	40.2 ± 4.1	42.48 ± 2.8	0.07
术后 1 d	34.5 ± 3.6	34.6 ± 3.5	37.4 ± 3.5	0.001
术后 3 d	32.6 ± 3.7	33.5 ± 3.4	34.6 ± 2.8	0.001
术后 5 d	32.6 ± 3.7	36.5 ± 1.4	38.5 ± 3.1	0.001

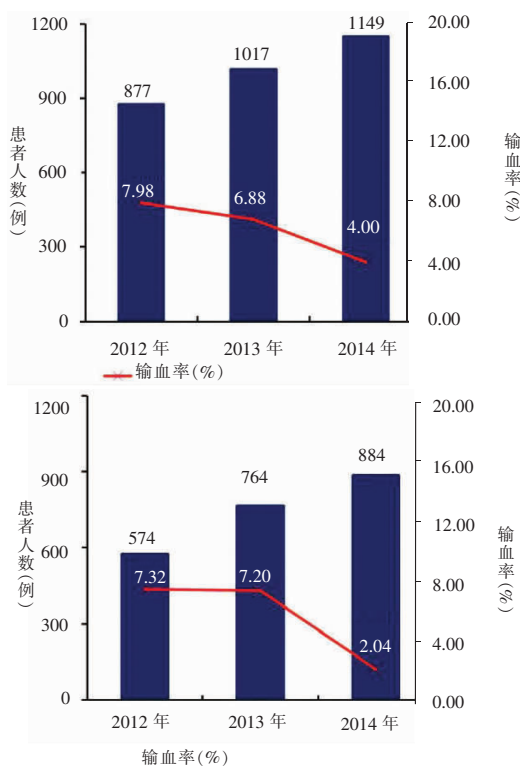


图 1 我科 2012~2014 年髌、膝关节置换术患者围手术期输血率

5 讨论

ERAS 是一种实现早期功能恢复的患者管理策略。其中血液管理是 TKA 及 THA 围手术期 ERAS 的核心,TKA 及 THA 围手术期往往伴随较大的出血量,同时,TKA 及 THA 患者围手术期往往处于高纤维蛋白溶解状态,该状态亦会加重出血倾向。关节置换围手术期血液管理策略旨在降低异体输血率和相关风险,同时降低相关医疗成本。虽然目前有多种血液管理策略,常用方法的有效性和成本效益仍具有一定争议,经过临床实践发现最常用的血液管理策略是术前优化造血及治疗贫血,术中减少出血,并在术后实施限制性输血。因此,建立基于循证医学的血液管理策略是未来改善围手术期血液管理的理想方向。

围手术期血液管理是骨科手术患者加速康复的重要措施。骨科手术围手术期贫血发生率高,且术中失血量,隐性失血占比高。Spahn^[28]通过系统回顾研究,发现 29 068 例患者中 THA、TKA 患者术前贫血发生率达 12.9% ~ 24%,术后贫血发生率达 51%。而国家卫生计生委行业科研专项《关节置换术安全性与效果评价》数据库 20 308 例关节置换术患者数据表明中国 THA 患者术前贫血发生率达 29.5%,术后贫血发生率高达 88.1%,TKA 患者术前贫血发生率达 26.4%,术后贫血发生率高达 83.9%,显著高于国外文献报道^[29]。围手术期失血

是导致术后贫血的重要因素,全髋关节置换术围手术期总失血量可达 1 785 mL,其中隐性失血占比可达 60.06%,通常术后 3~5 d 血红蛋白浓度达到最低值,较术前下降可达 30~50 g/L^[30]。关节置换术围手术期贫血可增加术后感染发生风险,延长患者住院时间,导致术后并发症发生率及死亡率增加,影响患者术后活动和功能恢复,并可影响患者生活质量^[31-35]。因此,血液管理是整个 ERAS 围手术期管理的核心。

本科室通过术前优化造血及治疗贫血,术中减少出血,术后减少失血及纠正贫血对 TKA 及 THA 围手术期患者进行综合血液管理,髋、膝关节置换术患者围手术期血红蛋白水平得到了显著改善,这对于减少患者围手术期并发症,提高患者满意度具有良好作用。在此基础上,目前我科已成为国内关节置换术加速康复主要基地,成立了国家卫健委骨科加速康复能力建设培训基地、全国骨科血液管理示范病房。牵头并执行了 2013 年度国家卫生计生委行业科研专项-《临床新技术安全性与效果评价-关节置换安全性与效果评价》。在骨科加速康复及血液管理方面取得了大量研究成果。围绕骨科围手术期血液管理发表 SCI 论文 50 余篇。其中 3 篇论文发表于骨科顶级期刊 J BONE JOINT SURG AM,另有 1 篇入选 ESI 高被引论文。周宗科教授作为第一完成人申报的成果《骨科手术围术期血液管理关键技术研究及应用》获四川省科技进步奖一等奖(2017)。发表《中国骨科手术加速康复——围术期血液管理专家共识》对推动全国骨科手术围术期血液管理起到明显的积极作用。

综上,本科室近年来通过对髋、膝关节置换术患者进行围手术期血液管理,大大提高了患者围手术期血红蛋白水平,有效降低了围手术期输血率,为骨科手术围术期血液管理策略的进一步改进提供参考。

参考文献

[1] Ljungqvist O, Scott M, Fearon KC. Enhanced Recovery After Surgery: A Review[J]. JAMA Surg, 2017, 152(3): 292-298.

[2] Soffin EM, YaDeau JT. Enhanced recovery after surgery for primary hip and knee arthroplasty: a review of the evidence[J]. Br J Anaesth, 2016, 117(suppl 3): iii62-iii72.

[3] Schwarzkopf R, Russell TA, Shea M, et al. Correlation between nutritional status and Staphylococcus colonization in hip and knee replacement patients[J]. Bull NYU Hosp Jt Dis, 2011, 69(4): 308-311.

[4] Alfargieny R, Bodalal Z, Bendardaf R, et al. Nutritional status as a predictive marker for surgical site infection in total joint arthroplasty[J]. Avicenna J Med, 2015, 5(4): 117-122.

[5] Zhang S, Huang Q, Xu B, et al. Effectiveness and safety of an opti-

mized blood management program in total hip and knee arthroplasty: A large, single-center, retrospective study[J]. Medicine (Baltimore), 2018, 97(1): e9429.

[6] Kilicarslan K, Yalcin N, Cicek H, et al. The effect of total synovectomy in total knee arthroplasty: a prospective randomized controlled study[J]. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 2011, 19(6): 932-935.

[7] Kooner SS, Clark M. The Effect of Synovectomy in Total Knee Arthroplasty for Primary Osteoarthritis: A Meta-Analysis[J]. J Knee Surg, 2017, 30(4): 289-296.

[8] Hiipala S, Strid L, Wennerstrand M, et al. Tranexamic acid (Cyklokapron) reduces perioperative blood loss associated with total knee arthroplasty[J]. Br J Anaesth, 1995, 74(5): 534-537.

[9] Huang Z, Ma J, Shen B, et al. Combination of intravenous and topical application of tranexamic acid in primary total knee arthroplasty: a prospective randomized controlled trial[J]. J Arthroplasty, 2014, 29(12): 2342-2346.

[10] Wang C, Kang P, Ma J, et al. Single-dose tranexamic acid for reducing bleeding and transfusions in total hip arthroplasty: A double-blind, randomized controlled trial of different doses[J]. Thromb Res, 2016, 141: 119-123.

[11] Xie J, Hu Q, Huang Z, et al. Comparison of three routes of administration of tranexamic acid in primary unilateral total knee arthroplasty: Analysis of a national database[J]. Thromb Res, 2019, 173: 96-101.

[12] Xie J, Hu Q, Ma J, et al. Multiple boluses of intravenous tranexamic acid to reduce hidden blood loss and the inflammatory response following enhanced-recovery primary total hip arthroplasty: a randomised clinical trial[J]. Bone Joint J, 2017, 99-B(11): 1442-1449.

[13] Dong J, Min S, He KH, et al. Effects of the nontourniquet combined with controlled hypotension technique on pain and long-term prognosis in elderly patients after total knee arthroplasty: a randomized controlled study[J]. J Anesth, 2019, 33(5): 587-593.

[14] Paul JE, Ling E, Lalonde C, et al. Deliberate hypotension in orthopedic surgery reduces blood loss and transfusion requirements: a meta-analysis of randomized controlled trials[J]. Can J Anaesth, 2007, 54(10): 799-810.

[15] Wang HY, Yuan MC, Pei FX, et al. Finding the optimal control level of intraoperative blood pressure in no tourniquet primary total knee arthroplasty combine with tranexamic acid: a retrospective cohort study which supports the enhanced recovery strategy[J]. J Orthop Surg Res, 2020, 15(1): 350.

[16] van Bodegom-Vos L, Voorn VM, So-Osman C, et al. Cell Salvage in Hip and Knee Arthroplasty: A Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials[J]. J Bone Joint Surg Am, 2015, 97(12): 1012-1021.

[17] Xu H, Yang J, Xie J, et al. Tourniquet use in routine primary total knee arthroplasty is associated with a higher transfusion rate and longer postoperative length of stay: a real-world study[J]. BMC Musculoskelet Disord, 2020, 21(1): 620.

[18] Lei Y, Xie J, Xu B, et al. The efficacy and safety of multiple-dose intravenous tranexamic acid on blood loss following total knee arthroplasty: a randomized controlled trial[J]. Int Orthop, 2017, 41(10): 2053-2059.

[19] Zhang S, Xie J, Cao G, et al. Six-Dose Intravenous Tranexamic Acid Regimen Further Inhibits Postoperative Fibrinolysis and Reduces Hidden Blood Loss following Total Knee Arthroplasty[J]. J Knee

- Surg, 2021, 34(2):224-232.
- [20] Lei Y, Huang Q, Huang Z, *et al.* Multiple-Dose Intravenous Tranexamic Acid Further Reduces Hidden Blood Loss After Total Hip Arthroplasty: A Randomized Controlled Trial [J]. J Arthroplasty, 2018, 33(9):2940-2945.
- [21] Huang Z, Xie X, Li L, *et al.* Intravenous and Topical Tranexamic Acid Alone Are Superior to Tourniquet Use for Primary Total Knee Arthroplasty: A Prospective, Randomized Controlled Trial [J]. J Bone Joint Surg Am, 2017, 99(24):2053-2061.
- [22] Yi Z, Bin S, Jing Y, *et al.* Tranexamic Acid Administration in Primary Total Hip Arthroplasty: A Randomized Controlled Trial of Intravenous Combined with Topical Versus Single-Dose Intravenous Administration [J]. J Bone Joint Surg Am, 2016, 98(12):983-991.
- [23] Shokoochi A, Stanworth S, Mistry D, *et al.* The risks of red cell transfusion for hip fracture surgery in the elderly [J]. Vox Sang, 2012, 103(3):223-230.
- [24] Hart A, Khalil JA, Carli A, *et al.* Blood transfusion in primary total hip and knee arthroplasty. Incidence, risk factors, and thirty-day complication rates [J]. J Bone Joint Surg Am, 2014, 96(23):1945-1951.
- [25] So-Osman C, Nelissen RG, Koopman-van Gemert AW, *et al.* Patient blood management in elective total hip- and knee-replacement surgery (part 2): a randomized controlled trial on blood salvage as transfusion alternative using a restrictive transfusion policy in patients with a preoperative hemoglobin above 13 g/dl [J]. Anesthesiology, 2014, 120(4):852-860.
- [26] Naylor JM, Adie S, Fransen M, *et al.* Endorsing single-unit transfusion combined with a restrictive haemoglobin transfusion threshold after knee arthroplasty [J]. Qual Saf Health Care, 2010, 19(3):239-243.
- [27] Zeng WN, Zhou K, Zhou ZK, *et al.* Comparison between drainage and non-drainage after total hip arthroplasty in Chinese subjects [J]. Orthop Surg, 2014, 6(1):28-32.
- [28] Spahn DR. Anemia and patient blood management in hip and knee surgery: a systematic review of the literature [J]. Anesthesiology, 2010, 113(2):482-495.
- [29] 周宗科, 翁习生, 孙天胜, 等. 中国骨科手术加速康复——围术期血液管理专家共识 [J]. 中华骨与关节外科杂志, 2017, 10(1):1-7.
- [30] Liu X, Zhang X, Chen Y, *et al.* Hidden blood loss after total hip arthroplasty [J]. J Arthroplasty, 2011, 26(7):1100-1105.
- [31] Rasouli MR, Restrepo C, Maltenfort MG, *et al.* Risk factors for surgical site infection following total joint arthroplasty [J]. J Bone Joint Surg Am, 2014, 96(18):e158.
- [32] Kourtzis N, Pafilas D, Kasimatis G. Blood saving protocol in elective total knee arthroplasty [J]. Am J Surg, 2004, 187(2):261-267.
- [33] Gruson KI, Aharonoff GB, Egol KA, *et al.* The relationship between admission hemoglobin level and outcome after hip fracture [J]. J Orthop Trauma, 2002, 16(1):39-44.
- [34] Conlon NP, Bale EP, Herbison GP, *et al.* Postoperative anemia and quality of life after primary hip arthroplasty in patients over 65 years old [J]. Anesth Analg, 2008, 106(4):1056-1061.
- [35] Lawrence VA, Silverstein JH, Cornell JE, *et al.* Higher Hb level is associated with better early functional recovery after hip fracture repair [J]. Transfusion (Paris), 2003, 43(12):1717-1722.