

· 临床研究 ·

自体富血小板血浆对 Stanford A 型主动脉夹层手术中输血和短期转归的影响

田文智 耳建旭 韩建阁 陈庆良

【摘要】 目的 观察自体富血小板血浆 (autologous platelet-rich plasma, aPRP) 对深低温停循环 (deep hypothermic circulatory arrest, DHCA) 下的 Stanford A 型主动脉夹层手术中输血量 and 术后短期转归的影响。方法 选择 2016 年 6 月至 2017 年 8 月在本院接受手术治疗的急性 Stanford A 型主动脉夹层患者 83 例, 男 60 例, 女 23 例, 年龄 24~81 岁, BMI 19.0~41.9 kg/m², ASA IV 级。根据是否制备 aPRP 将患者分为观察组 ($n=35$) 和对照组 ($n=48$)。两组患者于麻醉诱导插管后经右侧颈内静脉置入三腔中心静脉导管和 Swan-Ganz 导管外鞘。随后, 观察组于手术开始前完成 aPRP 制备, 对照组开始手术。记录麻醉、手术、心肺转流 (cardiopulmonary bypass, CPB)、主动脉阻断和 DCHA 时间。记录血栓弹力图反应时间 (R)、 α 角和最大振幅 (MA); 记录术中出血量和红细胞、血浆、冷沉淀和血小板用量; 记录术后机械通气时间、ICU 留观时间、30 d 内严重并发症 (神经系统并发症、需要持续肾脏替代治疗的急性肾功能不全、二次插管或气管切开、胸骨后感染或胸骨愈合不良、开胸止血) 发生率和死亡率。结果 观察组手术时间明显短于对照组 ($P<0.05$)。麻醉、CPB、主动脉阻断时间差异无统计学意义。观察组 DCHA 时间明显短于对照组 ($P<0.05$)。观察组 TEG α 角和 MA 明显大于对照组 ($P<0.05$)。观察组术中红细胞、血浆和冷沉淀用量明显少于对照组 ($P<0.05$)。两组术后机械通气时间、ICU 留观时间、术后 30 d 严重并发症发生率和死亡率差异无统计学意义。结论 在 DCHA 下的 Stanford A 型主动脉夹层手术, aPRP 可减少术中红细胞、血浆和冷沉淀的用量, 但对术后机械通气时间、ICU 时间、术后 30 d 内严重并发症发生率和死亡率无明显影响。

【关键词】 自体富血小板血浆; 深低温停循环; A 型主动脉夹层; 输血; 转归

Influences of autologous platelet rich plasma on intraoperative transfusion and short term outcomes in type A aortic dissection surgery TIAN Wenzhi, ER Jianxu, HAN Jiange, CHEN Qingliang. Department of Anesthesiology, Tianjin Chest Hospital, Tianjin 300051, China

Corresponding author: HAN Jiange, Email: hanjiange@163.com

【Abstract】 Objective To observe the effect of autologous platelet rich plasma (aPRP) on intraoperative transfusions and short term outcomes postoperative in surgery for acute Stanford type A aortic dissection under deep hypothermic circulatory arrest. **Methods** Eighty three patients diagnosed as acute Stanford type A dissection scheduled for surgery from June 2016 to August 2017 in our hospital, 60 males and 23 females, aged 24 - 81 years, BMI 19.0 - 41.9 kg/m², ASA physical status IV, were enrolled in this study. The participants were divided into observation group ($n = 35$) and control group ($n = 48$) according to harvesting aPRP or not. For all patients, a three-lumen central venous catheter and a Swan-Ganz catheter sheath were placed into right internal jugular vein after anesthetic induction and intubation. After this, aPRP was prepared preoperatively on patients in observation group, while procedure was performed on patients in control group. Durations of anesthesia, procedure, cardiopulmonary bypass (CPB), aorta cross-clamping and deep hypothermic circulatory arrest were recorded. Parameters of thromboelastography as responding time (R), α angle and maximal amplitude (MA) were recorded. Intraoperative blood loss and transfusions of erythrocyte, plasma, cryoprecipitate and platelet were recorded and compared. Duration of mechanical ventilation, length of ICU stay, incidence of severe complications (neurological complications, acute renal failure requiring continuous renal replacement therapy (CRRT), reintubation or tracheotomy, posterior sternal infection or sternal opening, re-sternotomy for bleeding) and death in 30 days after surgery were recorded and compared. **Results** Duration of surgery in observation group was shorter compared to control

DOI: 10.12089/jca.2018.08.009

作者单位: 300051 天津市心血管病研究所 天津市胸科医院麻醉科 (田文智、耳建旭、韩建阁), 心外科 (陈庆良)

通信作者: 韩建阁, Email: hanjiange@163.com

group ($P < 0.05$). Durations of anesthesia, CPB, aorta cross-clamping had no difference between two groups. The duration of deep hypothermic circulatory arrest was shorter in observation group ($P < 0.05$). α Angle and MA value of thromboelastography were larger in observation group. Intraoperative transfusions of erythrocyte, plasma and cryoprecipitate were significantly reduced in observation group. No significant difference in duration of mechanical ventilation, length of ICU stay, severe complications and death in 30 days after surgery were found. **Conclusion** aPRP can reduce transfusions of erythrocyte, plasma and cryoprecipitate in surgery for acute Stanford type A dissection under deep hypothermic circulatory arrest, while this technique has no significant effect on short term outcomes postoperative.

【Key words】 Autologous platelet rich plasma; Deep hypothermic circulatory arrest; Stanford type A dissection; Transfusion; Outcomes

主动脉夹层(aortic dissection, AD)是可能危及生命的心血管系统急症,未经治疗的 Stanford A 型 AD 患者预后极差,手术是其主要治疗方式和金标准^[1]。但是,在多种因素的综合作用下,急性 AD 术中或术后常难以避免大量出血和输血。大量出血、异体输血和潜在的二次开胸止血等因素可明显增加围术期并发症。

采集自体富血小板血浆 (autologous platelet-rich plasma, aPRP) 是减少异体输血的重要方法,其事先由患者自体全血中分离富含血小板的血浆以保存具有正常功能的血小板,从而改善凝血功能。目前,该技术在国内外仍处于探索阶段,有学者将其用于 A 型主动脉夹层手术,发现可有效减少异体输血量^[2-3]。本院自 2017 年 1 月开始将这一技术用于深低温停循环 (deep hypothermic circulatory arrest, DHCA) 下的 AD 手术,现将结果总结如下。

资料与方法

一般资料 本研究经医院伦理委员会批准,患者签署知情同意书。选择 2016 年 6 月至 2017 年 8 月在本院接受急诊手术治疗的 AD 患者,性别不限,年龄 24~81 岁, BMI 19.0~41.9 kg/m², ASA IV 级,所有患者经 CT 或 MR 检查确诊为急性 Stanford A 型 AD。排除标准:发病 2 周以上,合并血液系统疾病或术前 7 d 内使用抗血小板药,制备 aPRP 期间难以维持血流动力学平稳,术前 Plt $\leq 100 \times 10^9/L$, Hb ≤ 100 g/L。2017 年 1—8 月手术的患者进入观察组,2016 年 6—12 月手术的患者进入对照组。

麻醉方法 入选患者均采用同样的麻醉方法和管理目标。患者入手术室后监测 ECG 和 SpO₂, 经左侧桡动脉/肱动脉和左侧足背动脉/股动脉监测有创血压,测定和记录 BIS 和局部脑氧饱和度

(rSO₂)。使用咪达唑仑 0.05~0.1 mg/kg、依托咪酯 0.2~0.3 mg/kg、舒芬太尼 0.5~1 μ g/kg 和顺式阿曲库铵 0.2 mg/kg 诱导插管。采用保护性通气策略: V_T 6~7 ml/kg, PEEP 4~8 mmHg, FiO₂ 0.5~1.0, 调整通气频率以维持 P_{ET}CO₂ 35~45 mmHg。调整丙泊酚和七氟醚用量,维持 BIS 40~60 (DHCA 期间 BIS ≤ 10)。间断给予舒芬太尼 0.5~1.0 μ g/kg 和顺式阿曲库铵 50 μ g/kg。两组患者均在插管后经右颈内静脉置入三腔中心静脉导管和 7.5 Fr Swan-Ganz 导管外鞘。

观察组 Swan-Ganz 导管外鞘连接 Sorin-Xtra 血液回收机,使用红细胞分离法制备 aPRP,目标为获取 aPRP 8~10 ml/kg,保存在专用储血袋内,20~22 $^{\circ}$ C 震荡保存备用。制备 aPRP 期间,使用复方醋酸钠和 20% 白蛋白维持循环容量和血流动力学稳定 (MAP ≥ 65 mmHg),必要时可将分离的红细胞回输。如经扩充容量和血管活性药物处理后仍不能维持血流动力学稳定,则停止 aPRP 制备,开始手术,并剔除出本研究。

两组手术全程均使用自体血回收技术。正中开胸,经右腋动脉-上下腔静脉建立心肺转流 (cardiopulmonary bypass, CPB),降温。据术前诊断、术中所见和 TEE 检查结果决定手术方式。待鼻咽温降至 ≤ 25 $^{\circ}$ C 停止 CPB,开始顺行性脑灌注。待手术主要步骤完成、血流动力学稳定 (MAP ≥ 65 mmHg, 左心房压 ≤ 20 mmHg) 和无明显外科出血后,用鱼精蛋白以 1.5:1 的比例中和肝素,可间断追加鱼精蛋白以维持 ACT ≤ 120 s。观察组患者中和肝素后立即回输全部 aPRP;对照组患者无 aPRP 回输,予复方醋酸钠和 20% 白蛋白,维持 CVP 8~14 mmHg。

随后两组患者均使用血栓弹力图 (thromboelastography, TEG) 指导调整凝血功能,据检查结果使用血浆、冷沉淀或血小板。对顽固性凝血功能异常可使

用凝血Ⅶ因子。维持 Hb≥90 g/L,必要时输红细胞 2 U。术后转入 ICU,继续保护性机械通气。

观察指标 记录患者性别、年龄、体重、BMI、合并症、术前血小板计数、纤维蛋白原、肌酐(Cr)、尿素氮(BUN)和 C 反应蛋白浓度。记录麻醉时间(入手术室接受任何麻醉药至手术结束)、手术时间(手术开始至手术结束)、CPB 时间、主动脉阻断时间和 DHCA 时间。记录 TEG 反应时间(TEG-R)、TEG 的 α 角(TEG-α)和 TEG 最大振幅(TEG-MA),术中出血量和异体红细胞、血浆、冷沉淀和血小板的用量。记录患者术后机械通气时间、ICU 留观时间、30 d 内严重并发症[神经系统并发症,需要持续肾脏替代治疗(continuous renal replacement therapy, CRRT)的急性肾功能不全,呼吸系统并发症,开胸止血]和死亡例数。主要观察指标为术中异体血制品用量,次要观察指标为术后机械通气时间、ICU 留观时间、30 d 内重要并发症发生率和死亡率。

统计分析 采用 SPSS 20.0 统计学软件进行统计分析。正态分布计量资料以均数±标准差($\bar{x} \pm s$)表示,组间比较采用两独立样本 *t* 检验;非正态分布计量资料以中位数(*M*)和四分位数间距(*IQR*)表示,组间比较采用 Mann-Whitney *U* 检验。计数资料比较采用 χ^2 检验。*P* < 0.05 为差异有统计学意义。

结 果

本研究共纳入 83 例患者。两组患者性别、年龄、体重、BMI、合并症、血小板、纤维蛋白原、Cr、BUN 和 C 反应蛋白浓度差异均无统计学意义,两组患者 C 反应蛋白均明显高于正常值(表 1)。

观察组均顺利完成 aPRP 制备 [(722.7 ± 252.5)ml],期间未发生严重血流动力学波动。两组麻醉时间、CPB 时间、主动脉阻断时间、术中出血量和血小板用量差异无统计学意义。观察组手术时间和 DHCA 时间明显短于对照组 (*P* < 0.05)。观察组 TEG-α 和 TEG-MA 明显高于对照组 (*P* < 0.05)。观察组术中红细胞、血浆和冷沉淀用量明显少于对照组 (*P* < 0.05)(表 2)。

两组术后机械通气时间、ICU 时间、术后 30 d 严重并发症发生率和死亡率差异无统计学意义。在死亡病例中,观察组有 1 例术后心脏骤停,心肺复苏失败;对照组有 1 例因止血困难于术中死亡,3 例术后持续昏迷,自动出院(表 3)。

表 1 两组患者一般情况的比较

指标	观察组(<i>n</i> = 35)	对照组(<i>n</i> = 48)
男/女(例)	25/10	35/13
年龄(岁)	55.4 ± 10.2	51.2 ± 13.2
体重(kg)	75.6 ± 16.6	80.5 ± 13.8
BMI(kg/m ²)	26.2 ± 4.6	26.8 ± 4.5
合并症[例(%)]		
高血压	24(69.0)	33(69.0)
糖尿病	2(5.7)	4(8.3)
脑血管疾病	1(2.8)	3(6.3)
血小板(×10 ⁹ /L)	185.5 ± 49.7	186.6 ± 56.2
纤维蛋白原(g/L)	2.8 ± 1.2	3.0 ± 1.1
Cr(μmol/L)	92.0 (72.5~120.2)	81.0 (64.0~107.0)
BUN(mmol/L)	6.9 ± 2.8	6.7 ± 2.4
C 反应蛋白(mg/L)	14.7 (2.7~81.3)	12.0 (5.0~41.2)

表 2 两组患者术中情况的比较

指标	观察组(<i>n</i> = 35)	对照组(<i>n</i> = 48)
手术时间(min)	387.9 ± 95.1	445.6 ± 148.1 ^a
麻醉时间(min)	471.7 ± 105.2	506.8 ± 150.1
CPB 时间(min)	168.9 ± 38.1	176.9 ± 44.4
主动脉阻断时间 (min)	101.5 ± 24.7	106.6 ± 28.9
DHCA 时间(min)	22.3 ± 3.3	28.4 ± 6.9 ^a
TEG-R(min)	10.3 ± 2.9	12.5 ± 2.9
TEG-α(°)	58.0 ± 6.7	50.0 ± 4.3 ^a
TEG-MA(mm)	62.7 ± 5.7	53.1 ± 4.5 ^a
术中出血量(ml)	1 400 (1 200~2 000)	1 450 (1 042~2 228)
红细胞(U)	0(0~2)	4.0(0.5~7.5) ^a
血浆(ml)	0(0~600)	600(600~950) ^a
冷沉淀(U)	0(0~0)	10(0~20) ^a
血小板(U)	32(32~32)	32(32~32)

注:与观察组比较,^a*P* < 0.05

讨 论

本研究结果显示,与对照组比较,aPRP 可减少 AD 手术中红细胞、血浆和冷沉淀的用量,提示 aPRP 可改善患者的凝血功能,具有血液保护作用。

早期手术治疗可有效降低急性 AD 的死亡率^[4],但严重的术中、术后出血是手术团队需要面临的严峻问题。夹层形成后,血液系统与非内皮化表面接触可

表 3 两组患者术后情况的比较

指标	观察组(n=35)	对照组(n=48)
机械通气时间(h)	83.8 (38.0~153.8)	84.7 (57.0~132.1)
ICU 留观时间(h)	158.4 (90.0~269.8)	160.7 (108.0~254.6)
神经系统并发症 [例(%)]	8(22.8)	14(29.2)
急性肾功能不全 [例(%)]	1(2.8)	4(8.3)
呼吸系统并发症 [例(%)]	8(22.8)	7(14.6)
严重感染[例(%)]	1(2.85)	0
开胸止血[例(%)]	0	1(2.1)
死亡[例(%)]	1(2.8)	4(8.3)

诱发广泛的凝血反应,凝血酶大量形成,导致明显的凝血因子和血小板损失即消耗性凝血病^[5]。继发于主动脉中膜撕裂的急性系统性炎症反应过程中,血小板作为关键介质被大量激活,不仅丧失了其正常的止血功能,还可作为炎症介质激发更广泛的级联反应^[6-8]。而 AD 手术还不可避免地涉及 CPB、低体温和容量复苏导致的血液稀释等事件,这些因素均可增加出血风险^[9]。大量出血是心脏手术后并发症和死亡率的独立风险因素,及时补充红细胞和其他血制品有助于改善贫血症状和恢复凝血功能以控制出血。但是大量证据显示,异体输血与多种严重不良反应密切相关,这些并发症可明显增加医疗费用和患者死亡率^[10-12]。因此,积极采取措施改善凝血功能和减少围术期出血具有重要意义。

临床研究显示,急性 AD 患者术前血小板计数即明显降低^[13]。CPB 可加重炎症反应并再次大量消耗血小板,而血小板功能和数量降低是心血管手术后出血的主要原因和独立风险因子^[14-15]。可见,在 CPB 前保留部分血小板,可使之免于接触 CPB 管道,从而保留这些血小板的功能并改善止血功能和减少出血。aPRP 正是基于这一假设而引入临床,作为节约用血的重要措施用于预期可能大量出血的手术患者。

心脏术前分离和保存血小板可改善凝血功能,有助于维持血管内容量、保证器官微循环灌注和内皮细胞完整性^[16]。Kashima 等^[17]发现 aPRP 可减少胸主动脉手术中的输血量。Zhou 等^[18]认为 aPRP 可减少低温停循环下的主动脉手术中异体输

血,降低急性肾功能衰竭的发生率和缩短住院时间。不同的 Meta 分析也指出 aPRP 可减少术中异体输血^[19]、术后出血和并发症^[20]。国内的研究表明,aPRP 可改善凝血速率、维持纤维蛋白原水平和血小板功能^[3]。

同 Kashima 等^[17]和 Zhou 等^[18]的临床研究结果一致,本研究也显示 aPRP 可明显减少 DHCA 下 AD 手术中异体红细胞、血浆和冷沉淀的用量。考虑到血小板功能和数量异常是 AD 手术中出血的主要原因,本研究中全部患者均常规使用单采血小板 16 或 32 U,分析发现两组患者术中血小板用量差异无统计学意义。

aPRP 的制备需占用一定时间并可能因此增加相关费用,这也曾使 aPRP 的应用价值受到质疑^[21]。然而,同 Zhou 等^[22]研究近似,本研究观察组患者的手术时间较对照缩短近 1 h,TEG 也提示 aPRP 可改善凝血功能,加速外科止血从而缩短手术时间。最终,观察组患者麻醉时间仍略短于对照患者。

采集 aPRP 过程中可能发生的主要风险是急性低血容量导致的血流动力学波动^[23]。本研究中采取 Zhou 等^[18]介绍的方法,在 CPB 开始前用红细胞分离法获取 aPRP。经积极扩容治疗和必要的血管活性药物支持,全部患者均顺利完成 aPRP 制备,未发生严重血流动力学波动。

与其他的研究结果^[3,18,22]有所不同,本研究中的数据尚未能支持 aPRP 作为 AD 手术中减少出血和输血的措施具有改善短期转归的效果。两组患者术后机械通气时间、ICU 时间、术后 30 d 重要并发症发生率和死亡率差异均无统计学意义,可能与样本量较小有关。另一个可能的原因是 ICU 采取按时拔管的策略,多数患者在清晨至中午脱离呼吸机,如患者在此时间段内未达拔管标准,则拔管计划将推迟到次日。患者拔管后继续在 ICU 接受观察 24 h,如在此期间患者未达到转出标准,则需继续观察至次日。这一策略可能在某种程度上减小了观察组与对照组患者机械通气时间的差异。

现有的文献并未阐明 aPRP 的确切机制^[18]。多数学者认为通过采集 aPRP 可预防性保留部分具有正常功能的血小板,避免了炎症反应和 CPB 的破坏,可在中和肝素后回输体内改善血小板功能。研究显示血细胞分离本身不会激活血小板从而可保留其功能^[24]。此外,将血小板从人体循环系统中分离,可能有助于减少以血小板为关键介质诱发的次级炎症反应,在一定程度上有利于控制系统性炎症

反应。总之,对 aPRP 的机制有待更深入的研究。

本研究存在一些不足。首先,单中心和样本量偏小的研究使得结论的说服力偏低。其次,本研究中所有手术均由同一组医师完成,外科操作逐渐熟练使得观察组 DHCA 时间短于对照组,这可能对观察结果产生影响。据 Mazzeffi 等^[25]回顾性分析, DHCA 时间不影响围术期血浆和血小板用量,但与红细胞用量正相关,两组患者术中出血量差异无统计学意义,且回归分析提示 DHCA 时间与术中出血量无相关性。可见, DHCA 时间对术中出血量和输血的影响值得进一步探讨。

综上所述,在 DHCA 下的 AD 手术, aPRP 可减少术中红细胞、血浆和冷沉淀的用量,但对术后机械通气时间、ICU 时间、术后 30 d 内严重并发症发生率和死亡率无明显影响。

参 考 文 献

- [1] Iafrancesco M, Ranasinghe AM, Dronavalli V, et al. Open aortic arch replacement in high-risk patients: the gold standard. *Eur J Cardiothorac Surg*, 2016, 49(2): 646-651.
- [2] 邓丽, 刘宗泓, 杨慧, 等. 自体血小板分离回输减少主动脉夹层手术围术期异体血制品用量. *中国体外循环杂志*, 2016, 14(4): 205-208.
- [3] 袁辉, 黄维勤, 罗纲, 等. 自体血小板分离回输在 Stanford A 型主动脉夹层手术中血液保护作用的随机对照试验. *中国胸心血管外科临床杂志*, 2017, 24(2): 104-112.
- [4] Castrovinci S, Pacini D, Di Marco L, et al. Surgical management of aortic root in type A acute aortic dissection: a propensity-score analysis. *Eur J Cardiothorac Surg*, 2016, 50(2): 223-229.
- [5] Liu Y, Han L, Li J, et al. Consumption coagulopathy in acute aortic dissection: principles of management. *J Cardiothorac Surg*, 2017, 12(1): 50.
- [6] Abdelhamid MF, Davies RS, Adam DJ, et al. Changes in thrombin generation, fibrinolysis, platelet and endothelial cell activity, and inflammation following endovascular abdominal aortic aneurysm repair. *J Vasc Surg*, 2012, 55(1): 41-46.
- [7] Qin C, Zhang H, Gu J, et al. Dynamic monitoring of platelet activation and its role in post-dissection inflammation in a canine model of acute type A aortic dissection. *J Cardiothorac Surg*, 2016, 11(1): 86.
- [8] Duerschmied D, Bode C, Ahrens I. Immune functions of platelets. *Thromb Haemost*, 2014, 112(4): 678-691.
- [9] Paparella D, Brister SJ, Buchanan MR. Coagulation disorders of cardiopulmonary bypass: a review. *Intensive Care Med*, 2004, 30(10): 1873-1881.
- [10] Sahu S, Hemlata, Verma A. Adverse events related to blood transfusion. *Indian J Anaesth*, 2014, 58(5): 543.
- [11] Vymazal T, Horáček M, Durpekt R, et al. Is allogeneic blood transfusion a risk factor for sternal dehiscence following cardiac surgery? A prospective observational study. *Int Heart J*, 2009, 50(5): 601-607.
- [12] Gilliss BM, Looney MR, Gropper MA. Reducing non-infectious risks of blood transfusion. *Anesthesiology*, 2011, 115(3): 635-649.
- [13] Sbarouni E, Georgiadou P, Analitis A, et al. Significant changes in platelet count, volume and size in acute aortic dissection. *Int J Cardiol*, 2013, 168(4): 4349-4350.
- [14] Höfer J, Fries D, Solomon C, et al. A Snapshot of coagulopathy after cardiopulmonary bypass. *Clin Appl Thromb Hemost*, 2016, 22(6): 505-511.
- [15] Orlov D, McCluskey SA, Selby R, et al. Platelet dysfunction as measured by a point-of-care monitor is an independent predictor of high blood loss in cardiac surgery. *Anesth Analg*, 2014, 118(2): 257-263.
- [16] Stammers AH, Kratz J, Johnson T, et al. Hematological assessment of patients undergoing plasmapheresis during cardiac surgery. *J Extra Corpor Technol*, 1993, 25(1): 6-14.
- [17] Kashima I, Ueda T, Shimizu H, et al. Efficacy of autologous platelet-rich plasma in thoracic aortic aneurysm surgery. *Jpn J Thorac Cardiovasc Surg*, 2000, 48(11): 708-712.
- [18] Zhou SF, Estrera AL, Loubser P, et al. Autologous platelet-rich plasma reduces transfusions during ascending aortic arch repair: a prospective, randomized, controlled trial. *Ann Thorac Surg*, 2015, 99(4): 1282-1290.
- [19] Carless PA, Rubens FD, Anthony DM, et al. Platelet-rich plasmapheresis for minimising peri-operative allogeneic blood transfusion. *Cochrane Database Syst Rev*, 2011, (3): CD004172.
- [20] Ma J, Sun J, Guo W, et al. The effect of platelet-rich plasma on reducing blood loss after total knee arthroplasty: a systematic review and meta-analysis. *Medicine (Baltimore)*, 2017, 96(26): e7262.
- [21] Stover EP, Siegel LC. Platelet-rich plasmapheresis in cardiac surgery: efficacy may yet be demonstrated. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 1994, 108(6): 1148-1149.
- [22] Zhou SF, Estrera AL, Miller CC 3rd, et al. Analysis of autologous platelet-rich plasma during ascending and transverse aortic arch surgery. *Ann Thorac Surg*, 2013, 95(5): 1525-1530.
- [23] 柴云飞, 张建军, 雷黎明, 等. 主动脉全弓置换术中自体血小板分离采集的麻醉管理. *川北医学院学报*, 2017, 32(3): 348-351.
- [24] 黄长顺, 潘志浩, 徐炜烽, 等. 术前急性自体血小板分离对心脏手术患者血小板活化功能的影响. *中国输血杂志*, 2006, 19(1): 45-47.
- [25] Mazzeffi M, Marotta M, Lin HM, et al. Duration of deep hypothermia during aortic surgery and the risk of perioperative blood transfusion. *Ann Card Anaesth*, 2012, 15(4): 266-273.

(收稿日期: 2017-12-31)