

· 临床论著 ·

脊柱围手术期异体输血的相关因素[△]

张 铖, 戴 健, 尤建国, 蒋海涛, 李 瑶, 张建宝, 唐晓明*

(南京医科大学附属淮安第一医院, 江苏淮安 223300)

摘要: [目的] 通过分析脊柱手术围手术期输血的影响因素, 建立合适有效的输血评估模型, 为临床提供合适的建议及证据, 优化输血管理, 最大限度地节约血资源并减少输血相关风险。[方法] 回顾性分析 2020 年 1 月—2021 年 6 月在本院接受脊柱手术 268 例患者的临床资料, 根据围手术期是否输血分为输血组和未输血组, 记录患者基本人口学特征、基础疾病情况、术前状态评估指标及手术相关资料。采用单项因素比较, 二元多因素逻辑回归分析输血的独立影响因素, 并应用多元线性回归构建输血量预测模型。[结果] 单项因素比较表明, 输血组的创伤、肝病、腰椎手术、减压融合术式和未使用抗凝药物的比率显著高于未输血组 ($P<0.05$); 输血组的术前 ASA 评级和切口愈合评级显著差于未输血组 ($P<0.05$); 此外, 输血组的术前 Hb、HCT、Alb 浓度均显著低于未输血组 ($P<0.05$); 而输血组的手术节段数、手术时间、术中失血量及术后引流量均显著高于未输血组 ($P<0.05$)。但是, 两组年龄、性别和 BMI, 是否合并糖尿病、高血压和肾脏疾病, 以及术前 PT 和术前 APTT 的差异均无统计学意义 ($P>0.05$)。逻辑回归表明: 术中失血量 ($OR=1.010, P<0.05$)、手术时间 ($OR=1.020, P<0.05$) 是输血的独立危险因素。而术前 HCT ($OR=0.844, P<0.05$) 是输血的保护因素。51 例输血者的多元逐步回归表明: 手术节段数 (X_s) ($B=2.118, P<0.001$) 和术前 Alb 水平 (X_a) ($B=-0.439, P=0.017$) 是影响输血量 (Y) 的主要因素, 回归方程为: $Y=16.063+2.118X_s-0.439X_a$ 。[结论] 改善术前情况, 减少手术创伤是减少脊柱手术输血的途径。手术节段数和术前 Alb 水平是评估输血量的重要因素。

关键词: 脊柱手术, 输血, 预测模型, 影响因素

中图分类号: R687 **文献标志码:** A **文章编号:** 1005-8478 (2023) 09-0787-05

Factors associated with allogeneic transfusion during perioperative period of spinal surgery // ZHANG Cheng, DAI Jian, YOU Jian-guo, JIANG Hai-tao, LI Yao, ZHANG Jian-bao, TANG Xiao-ming. Huai'an First Hospital, Nanjing Medical University, Huai'an 223300, China

Abstract: [Objective] To establish an appropriate and effective blood transfusion evaluation model by analyzing the influencing factors of perioperative blood transfusion in spinal surgery, so as to provide appropriate suggestions and evidence for clinical practice, optimize blood transfusion management, save blood resources to the maximum extent and reduce transfusion-related risks. [Methods] A total of 268 patients who received spinal surgery in our hospital from January 2020 to June 2021 were retrospectively analyzed and divided into transfusion group and non-transfusion group according to perioperative blood transfusion or not. The basic demographic data, comorbidities, preoperative status and operative documents were recorded. The independent impacting factors of blood transfusion were analyzed by univariate comparison and binary multiple logistic regression, while prediction model of blood transfusion volume was constructed by multiple linear regression. [Results] In term of univariate comparison, the transfusion group proved significantly higher than the non-transfusion group in ratio of trauma, liver disease, the lumbar surgically involved, decompression and fusion, and no anticoagulants used ($P<0.05$). The former was significantly worse than the latter in the preoperative ASA grade and incision healing grade ($P<0.05$). In addition, the transfusion group had significantly lower preoperative Hb, HCT and Alb, whereas significantly greater number of segments surgically involved, operative time, intraoperative blood loss and postoperative drainage volume than the non-transfusion group ($P<0.05$). However, there were no statistically significant differences between the two groups in age, sex, BMI, diabetes, hypertension, and kidney disease, and preoperative PT and APTT ($P>0.05$). As results of logistic regression, the intraoperative blood loss ($OR=1.010, P<0.05$) and operation time ($OR=1.020, P<0.05$) were the independent risk factor for blood transfusion, while the preoperative HCT ($OR=0.844, P<0.05$) was a protective factor for blood transfusion. Regarding multiple stepwise regression of 51 patients who received transfusion, the number of segments surgically involved (X_s) ($B=2.118, P=$

DOI:10.3977/j.issn.1005-8478.2023.09.04

[△]基金项目:江苏省输血协会英科新创科研基金项目(编号:JS20190028)

作者简介:张铖,医学硕士,主治医师,研究方向:骨科,(电话)15861756152,(电子信箱)NightCancer@163.com

* 通信作者:唐晓明,(电话)13905239800,(电子信箱)13905239800@163.com

0.001) and preoperative Alb (X_a) ($B=-0.439$, $P=0.017$) were the main factors of predicating blood transfusion volume (Y), with the regression equation as follows: $Y=16.063+2.118X_s-0.439X_a$. **[Conclusion]** Improving patients' preoperative condition and reducing surgical trauma is the way to reduce blood transfusion in spinal surgery. The number of segments surgically involved and preoperative Alb are important factors in the evaluation and transfusion volume.

Key words: spinal surgery, blood transfusion, predictive model, influencing factors

输血是外科发展史上重要的推动因素之一，输血的诞生有效降低因术中失血过多而导致死亡及其他并发症的人数。输血可以快速补充血容量和血浆蛋白，提高血液的携氧能力和凝血功能，从而提高患者对手术的耐受，为外科手术的顺利实施保驾护航^[1, 2]。脊柱外科手术切口较深、主要操作区域靠近神经脊髓、止血复杂困难，术中失血量偏多^[3, 4]。据文献报道，经过脊柱外科手术后，术前无贫血的患者中约71.8%的患者在术后出现不同程度的贫血^[5]。术后贫血可导致术后并发症风险显著增加，延长住院天数并可能导致再入院发生，严重影响疾病预后^[6-8]。因此在脊柱手术患者的管理中，围手术期备血及输血是常用的干预措施。据估计，全世界每年输血约8 500万单位，接受脊柱手术的患者中约有36.1%接受了输血^[9, 10]。

由于全血及血制品供应存在波动，时常出现异体血资源紧缺现象，且输血费用较高，并伴有潜在的较严重的风险，包括传染性疾病的传播、溶血反应、输血相关肺损伤和输血相关移植物抗宿主病等^[11]。近年来，尽管脊柱微创手术的迅速发展显著减少了术中出血量及对同种异体血的需求，但对于脊髓损伤及严重的退变性疾病等仍需通过开放手术治疗，对于这部分患者，规范有效的围手术期输血评估及管理非常重要^[12-14]。本研究通过分析脊柱手术围手术期输血的影响因素，旨在建立合适有效的输血评估模型，以期更加科学精准地评估围手术期输血及备血情况，为临床提供合适的建议及证据，优化输血管理，最大限度地节约血资源并减少输血相关风险。

1 资料与方法

1.1 纳入与排除标准

纳入标准：(1) 年龄 ≥ 18 周岁；(2) 住院期间接受脊柱手术治疗；(3) 所有手术均由同一名主刀医师完成。

排除标准：(1) 微创手术、取除内固定手术；(2) 1个月内因其他部位外伤或疾病接受输血；(3) 围手术期应用自体血回输；(4) 资料不全者。

1.2 一般资料

回顾性分析淮安市第一人民医院2020年1月—2021年6月的脊柱手术患者，共268例符合上述标准，纳入本研究。其中，男152例，女116例。自患者入院至术后拆线为围手术期，根据围手术期是否输血分两组，输血组共51例，其中男30例，女21例；未输血组共217例，其中男122例，女95例。两组性别、年龄构成差异均无统计学意义 ($P>0.05$)。本研究通过南京医科大学附属淮安第一医院伦理委员会审核并备案，所有患者均知情同意。

1.3 手术方法

颈椎手术均应用颈椎前方入路，胸腰椎手术均应用后正中入路，所有微创术式均已排除。具体手术方法如下：

颈椎前路减压融合手术：全麻，取仰卧位，取颈部中央偏右侧横行切口，逐层进入并分别向两侧牵开颈动脉鞘及气管食管，显露手术节段椎前筋膜。透视确认椎体后根据术前规划选择单间隙椎间盘切除融合 (anterior cervical discectomy and fusion, ACDF) 和 (或) 椎体次全切除融合 (anterior cervical corpectomy and fusion, ACCF)。ACDF手术摘除椎间盘并咬除增生的骨赘，去除后纵韧带，探查无致压因素后，将合适大小的椎间融合器置入减压槽内；ACCF手术摘除相邻节段椎间盘组织，次全切除目标椎体，咬除增生的骨赘，去除后纵韧带，探查无致压因素后，以合适长度钛网填入咬除之碎骨并置入骨槽。完成融合后取合适长度钛板固定于椎体前方，冲洗切口、充分止血并放置引流后逐层关闭切口。

胸腰椎后路手术：全麻，取俯卧位，取脊柱后正中切口，逐层进入并将椎旁肌向两侧剥离，显露目标椎体椎板、关节突，依次置入合适长度的椎弓根螺钉并透视确认位置。然后根据不同术式执行不同步骤。胸腰椎骨折：安置连接棒撑开复位并固定。减压融合：予单侧或双侧开窗或全椎板去除减压，探查神经根松弛无受压，于椎间隙置入填充自体松质骨的椎间融合器，然后安置连接棒固定。肿瘤切除：安置连接棒固定，然后全椎板切除，充分显露椎管，暴露硬膜囊，探查肿瘤并剥离，如肿瘤位于硬膜下，则悬吊硬

膜并切开硬膜囊，再次探查肿瘤并小心剥离肿瘤组织，尽可能完整取出肿瘤，然后缝合硬膜。最后冲洗切口、充分止血，放置引流后逐层缝合切口。

1.4 评价指标

记录可能影响输血的因素。第1类是基本特征，包括年龄、性别、BMI指数；第2类是基础疾病，包括高血压、糖尿病、肝病及肾病，其中肝病及肾病即发生在肝或肾上的有病理改变的器质性疾病，不包括因药物等因素所致的肝肾功能的一过性异常；第3类是术前状态评估，包括术前血红蛋白浓度（hemoglobin, Hb）、红细胞比容（hematocrit, HCT）、凝血酶原时间（prothrombin time, PT）、活化部分凝血活酶时间（activated partial thromboplastin time, APTT）、白蛋白（albumin, Alb）及美国麻醉师协会（American Society of Anesthesiologists, ASA）分级；第4类为手术相关因素，包括术前诊断（椎间盘突出、椎管狭窄、滑脱、骨折内固定、脊柱肿瘤）、手术累及节段数、手术部位、手术方式（仅椎弓根螺钉固定术、减压不伴椎间融合术、减压伴椎间融合）、手术时间、术中失血量、术后引流量、围手术期抗凝药物应用情况。

1.5 统计学方法

采用SPSS 26.0对资料进行统计分析。计量数据以 $\bar{x} \pm s$ 表示，资料呈正态分布时，两组间比较采用独立样本 t 检验，资料呈非正态分布时，采用Mann-whitney U 检验。计数资料采用 χ^2 检验或Fisher精确检验。等级资料两组比较采用Mann-whitney U 检验。以是否输血的二分变量为因变量，其他因素为自变量行二元多因素方差分析。在51例接受输血的患者中，以输血量、其他因素为自变量，行多元逐步回归分析。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 临床结果

全部接受手术的268例患者中，共51例患者接受输血，占比19.0%。接受输血的患者中，9例由于入院血红蛋白较低（ $< 90 \text{ g/L}$ ）于术前接受输血，占17.6%，42例于术中或术后接受输血，占82.4%，所有患者在输血期间均未出现不良反应，术后未观察到明显呼吸道感染及泌尿系感染，无术后神经功能损害或原有损害加重症状。

2.2 是否输血的单项因素比较

两组患者单项因素比较结果见表1。输血组的创

伤、肝病、腰椎手术、减压融合术式和未使用抗凝药物的比率显著高于未输血组（ $P < 0.05$ ）；输血组的术前ASA分级和切口愈合评级显著差于未输血组（ $P < 0.05$ ）；此外，输血组的术前Hb、HCT、Alb浓度均显著低于未输血组（ $P < 0.05$ ）；而输血组的手术节段数、手术时间、术中失血量及术后引流量均显著高于未输血组（ $P < 0.05$ ）。但是，两组年龄、性别和BMI，是否合并糖尿病、高血压和肾脏疾病，以及术前PT和术前APTT的差异均无统计学意义（ $P > 0.05$ ）。

表1 两组患者基本资料及单因素比较

指标	输血组 (n=51)	未输血组 (n=217)	P值
年龄(岁, $\bar{x} \pm s$)	56.1±12.9	54.3±12.4	0.359
性别(例, 男/女)	30/21	122/95	0.736
BMI(kg/m ² , $\bar{x} \pm s$)	25.3±3.5	25.3±3.2	0.975
诊断(退变/创伤/肿瘤)	29/15/7	109/103/5	<0.001
糖尿病(例, 无/有)	50/1	199/18	0.200
高血压(例, 无/有)	36/15	164/53	0.461
肝病(例, 无/有)	49/2	217/0	0.036
肾病(例, 无/有)	49/2	214/3	0.242
术前Hb(g/L, $\bar{x} \pm s$)	103.7±16.1	113.5±17.6	<0.001
术前HCT(% , $\bar{x} \pm s$)	38.4±6.5	41.2±3.9	0.005
术前PT(s, $\bar{x} \pm s$)	11.6±1.0	11.5±0.7	0.389
术前APTT(s, $\bar{x} \pm s$)	28.0±3.1	27.7±3.3	0.570
术前Alb(g/L, $\bar{x} \pm s$)	40.9±4.4	42.5±3.1	0.016
术前ASA分级(例, I/II/III/IV)	29/20/1/1	152/64/1/0	0.044
手术节段数(节, $\bar{x} \pm s$)	3.4±1.5	2.8±0.7	0.009
手术部位(例, 颈/胸/腰)	3/12/36	34/18/165	0.003
手术方式(例, 减压融合/减压非融合/仅固定)	26/14/11	110/13/94	<0.001
手术时间(min, $\bar{x} \pm s$)	174.9±58.8	123.4±37.9	<0.001
术中失血(ml, $\bar{x} \pm s$)	520.6±428.9	196.5±102.3	<0.001
术后引流(ml, $\bar{x} \pm s$)	461.8±360.3	247.2±201.6	<0.001
抗凝药物(例, 使用/未用)	34/17	186/31	0.004
切口愈合等级(例, 甲/乙/丙)	44/0/7	213/0/4	<0.001

2.3 是否输血的二元多因素逻辑回归分析

以是否输血二分变量为因变量，其他因素为自变量的多元逻辑回归分析结果见表2。模型分类能力为89.2%，经卡方检验模型有效（ $\chi^2=6.127$, $P=0.633$ ）。结果表明：术中失血量（ $OR=1.010$, $P < 0.05$ ）、手术时间（ $OR=1.020$, $P < 0.05$ ）是输血的独立危险因素。而术前HCT（ $OR=0.844$, $P < 0.05$ ）是输血的保护因素。

表 2 是否输血的多因素逻辑回归分析结果

影响因素	B 值	S.E.	Wald 值	OR 值	95% CI	P 值
术中失血量	0.010	0.002	26.596	1.010	1.006~1.013	<0.001
手术时间	0.020	0.006	13.208	1.020	1.009~1.032	<0.001
术前 HCT	-0.170	0.049	11.958	0.844	0.766~0.929	<0.001
年龄	0.041	0.019	4.943	1.042	1.005~1.081	0.026

2.4 输血者输血量的多元逐步回归

在 51 例接受输血的患者中，以输血量为因变量，其他因素为自变量，行多元逐步回归，采用 $P < 0.05$ 为选入、 $P > 0.10$ 为移出标准的逐步法，第 1 步自变量“手术节段数”入选，复合相关系数 $R =$

0.490；第 2 步自变量“术前白蛋白浓度”入选， $R = 0.571$ ；方程有效性经方差检验， $F = 11.634$ ， $P < 0.001$ 。多元线性逐步回归分析结果见表 3，多元线性逐步回归方程为： $Y = 16.063 + 2.118X_s - 0.439X_a$ 。

表 3 51 例输血者输血量与其他因素的多元线性逐步回归分析结果

自变量	回归系数 B	标准误 SE	标准化回归系数	t 值	P 值
常数项	16.063	7.59	-	2.115	0.040
手术节段数 (X _s)	2.118	0.534	0.471	3.96	<0.001
术前白蛋白浓度 (X _a)	-0.439	0.177	-0.295	-2.482	0.017

3 讨论

输血疗法自诞生以来挽救了无数生命，至今依然是外科手术不可缺少的保障^[15]。由于临床上血液资源有限，而脊柱外科开放手术操作程序复杂，备血需求量较高，如何应对供血紧张的情况是脊柱外科医师需要面对的考验。因此，研究影响脊柱手术输血的因素，建立模型合理评估手术患者用血情况，既有助于减少不必要的备血用血负担，又能尽早发现需要用血的患者，有利于临床医师提前做好输血备血计划，从而更加有效利用异体血资源。

本研究通过分析本院脊柱外科开放手术的患者，对可能影响输血的多个因素进行评估。二元多因素逻辑回归分析发现，年龄是影响输血与否的危险因素，输血的可能性随着年龄的增长而增加，这与吴春曦等^[16]的结论一致，这与高龄患者血红蛋白再生能力下降有关。在基础疾病因素分析中，作者发现仅肝病存在组间差异，考虑与肝病影响血红蛋白合成相关^[17, 18]，但由于纳入肝病病例较少，检验效能受限。尽管肾功能衰竭患者因促红细胞素分泌不足从而影响红细胞再生^[19]，但本研究纳入的肾病例中无肾功能衰竭的患者，因而组间未见明显差异。在术前状态评估和手术相关因素中，调整年龄因素后发现术中失血量与手术时间为独立危险因素，术前 HCT 为独立保护因素。因此在术前评估中

需更加关注 HCT，较低的 HCT 提示输血可能性增加。而手术相关因素的优化需要骨科手术团队在术前做好充分的准备，在术中流畅地合作，术者应用熟练的术式和入路，减少血管损伤，并应用合理的方式止血，尽可能减少术中失血量及手术时间^[20-23]。

已有研究对脊柱围手术期的输血情况建立预测模型。Lenoir 等^[24]学者通过 230 例接受胸腰椎手术的患者建立预测模型，模型包含年龄、术前 Hb、融合节段数及截骨情况，然而由于纳入病例中骨折患者仅占 8.3%而腰椎退变占 53.9%，故模型对于预测脊柱骨折作用有限。许南方等^[25]基于 5 101 例患者建立了腰椎融合手术输血风险评分，将年龄、BMI、融合节段、固定节段、脊柱畸形及术前 Hb 赋予分值，高于 4 分即为输血高风险，其验证准确率高。尽管对于输血发生的预测模型建立趋于完善，但对输血量预测的模型少有报道。本研究通过对输血人群的红细胞输注量及各类因素的关系进行分析发现，对于已经接受输血的患者而言，手术节段数量和术前白蛋白浓度是决定输血量多少的独立影响因素。因此，对于接受长节段手术的患者而言，术前白蛋白评估尤为重要。临床工作中可根据预测模型估算手术所需的用血量进行备血，有利于手术用血的合理规划和围手术期的患者安全。

本研究建立的模型为脊柱手术合理用血提供参考，然而研究尚存在不足：(1) 本研究为单中心的回顾性队列，可能存在系统偏倚和混杂偏倚；(2)

本研究纳入病例偏少,未能对手术类型进行分层,可能导致模型拟合不够完善;(3)本研究纳入患者中合并基础疾病患者较少,未能对基础疾病的风险进行进一步探究。

综上所述,通过研究影响脊柱手术输血及输血量的各类因素发现,改善术前情况并减少手术创伤是减少脊柱手术输血的途径,而手术节段数和术前 Alb 水平是评估及输血量的重要因素,在临床工作中需要更加重视术前评估及术中操作,从而更合理地分配输血资源来帮助更多地患者。

参考文献

- [1] Pinkerton PH. Canadian surgeons and the introduction of blood transfusion in war surgery [J]. *Transf Med Rev*, 2008, 22 (1): 77-86.
- [2] Spence RK, Cernaianu AC, Carson J, et al. Transfusion and surgery [J]. *Curr Prob Surg*, 1993, 30 (12): 1101-1180.
- [3] Yoshihara H, Yoneoka D. Trends in the utilization of blood transfusions in spinal fusion in the United States from 2000 to 2009 [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2014, 39 (4): 297-303.
- [4] 张涛,徐建广,罗从风,等. 合并胸腰椎骨折多发骨折的手术治疗 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2008, 16 (12): 885-887.
- [5] Lasocki S, Krauspe R, Von Heymann C, et al. Prepare: the prevalence of perioperative anaemia and need for patient blood management in elective orthopaedic surgery: a multicentre, observational study [J]. *Eur J Anaesthesiol*, 2015, 32 (3): 160-167.
- [6] Lange N, Stadtmuller T, Scheibel S, et al. Analysis of risk factors for perioperative complications in spine surgery [J]. *Sci Rep*, 2022, 12 (1): 14350.
- [7] Khanna R, Harris DA, Mcdevitt JL, et al. Impact of anemia and transfusion on readmission and length of stay after spinal surgery: a single-center study of 1 187 operations [J]. *Clin Spine Surg*, 2017, 30 (10): E1338-E1342.
- [8] Ristagno G, Beluffi S, Tanzi D, et al. Red blood cell transfusion need for elective primary posterior lumbar fusion in a high-volume center for spine surgery [J]. *J Clin Med*, 2018, 7 (2): 19.
- [9] Carson JL, Grossman BJ, Kleinman S, et al. Red blood cell transfusion: a clinical practice guideline from the AABB [J]. *Ann Intern Med*, 2012, 157 (1): 49-58.
- [10] Nuttall GA, Horlocker TT, Santrach PJ, et al. Predictors of blood transfusions in spinal instrumentation and fusion surgery [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2000, 25 (5): 596-601.
- [11] Busch MP, Kleinman SH, Nemo GJ. Current and emerging infectious risks of blood transfusions [J]. *JAMA*, 2003, 289 (8): 959-962.
- [12] 刘滔,周全,章君鑫,等. 内镜与开放手术治疗腰神经根管狭窄症比较 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2021, 29 (24): 2230-2234.
- [13] Lu VM, Kerezoudis P, Gilder HE, et al. Minimally invasive surgery versus open surgery spinal fusion for spondylolisthesis: a systematic review and meta-analysis [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2017, 42 (3): E177-E185.
- [14] 李大鹏,徐学芳,任红,等. 骨科手术中异体输血相关因素分析及其临床应用 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2004, 12 (21): 1750-1751.
- [15] Hanna M, Knittel J, Gillihan J. The use of whole blood transfusion in trauma [J]. *Curr Anesthesiol Rep*, 2022, 12 (2): 234-239.
- [16] 吴春曦,徐小敏,张强,等. 脊柱外科手术中影响输血的因素及输血疗效的回顾性分析 [J]. *重庆医学*, 2018, 47 (11): 1531-1533.
- [17] 陈斌,孔令晶,黄育华. 214例慢性肝病血液参数与脾脏厚度的变化及其临床意义 [J]. *临床内科杂志*, 2009, 26 (11): 780-781.
- [18] 吴海燕,蔡滨雪,刘伟娜,等. 红细胞参数变化在肝病中的临床意义 [J]. *现代中西医结合杂志*, 2003, 12 (14): 1529-1529.
- [19] Fishbane S, Spinowitz B. Update on anemia in ESRD and earlier stages of CKD: Core curriculum 2018 [J]. *Am J Kidney Dis*, 2018, 71 (3): 423-435.
- [20] Gazzeri R, De Bonis C, Galarza M. Use of a thrombin-gelatin hemostatic matrix (Surgiflo) in spinal surgery [J]. *Surg Technol Int*, 2014, 25: 280-285.
- [21] Quarto E, Bourret S, Rebollar Y, et al. Team management in complex posterior spinal surgery allows blood loss limitation [J]. *Int Orthop*, 2023, 47 (1): 225-231.
- [22] Winter SF, Santaguida C, Wong J, et al. Systemic and topical use of tranexamic acid in spinal surgery: a systematic review [J]. *Global Spine J*, 2016, 6 (3): 284-295.
- [23] Zou H, Li Z, Sheng H, et al. Intraoperative blood loss, postoperative drainage, and recovery in patients undergoing lumbar spinal surgery [J]. *BMC Surg*, 2015, 15: 76.
- [24] Lenoir B, Merckx P, Paugam-Burtz C, et al. Individual probability of allogeneic erythrocyte transfusion in elective spine surgery: The predictive model of transfusion in spine surgery [J]. *Anesthesiology*, 2009, 110 (5): 1050-1060.
- [25] Xu N, Zhang Y, Tian Y, et al. Prospective study of preoperative autologous blood donation for patients with high risk of allogeneic blood transfusion in lumbar fusion surgery: a study protocol of a randomised controlled trial [J]. *BMJ Open*, 2022, 12 (2): e053846.

(收稿:2022-12-15 修回:2023-02-17)

(同行评议专家:陶伟伟 赵加力 王新宏)

(本文编辑:闫承杰)