



术前肝功能指标对原位肝移植大量输血的预测研究*

胡艳杰¹, 袁星竹¹, 梁诗琪², 杨小玲², 罗艳丽³, 李 卡^{1△}

1. 四川大学华西护理学院/四川大学华西医院(成都 610041); 2. 四川大学华西医院 肝脏外科/四川大学华西护理学院(成都 610041);
3. 四川大学华西医院 手术室/四川大学华西护理学院(成都 610041)

【摘要】目的 探讨术前肝功能指标对原位肝移植术中大量输血的预测作用,并建立预测模型。**方法** 回顾性分析2015年1月1日-2021年6月30日四川大学华西医院肝脏外科行原位肝移植手术的607例患者相关资料,根据术中输注红细胞悬液量分为大量输注组(massive blood transfusion, MBT)及非大量输注组(non-massive blood transfusion, NMBT),采用单因素、多因素logistic回归对原位肝移植术中大量输血的危险因素进行分析,通过Hosmer-Lemeshow检验评价模型的校准度,受试者工作特征(receiver operating characteristic, ROC)曲线下面积(area under the curve, AUC)衡量模型的区分度。**结果** logistic回归提示,丙氨酸转氨酶(alanine transaminase, ALT)、天冬氨酸转氨酶(aspartate transaminase, AST)、血清总胆红素(total bilirubin, TBIL)、血清直接胆红素(direct bilirubin, DBIL)、白蛋白(albumin, ALB)、child-Pugh评分与原位肝移植术中大量输血风险无相关性;血小板计数(platelet count, PLT)[比值比(odds ratio, OR)=0.90, 95%置信区间(confidence interval, CI)(0.09~0.19), $P=0.02$]、国际标准化比值(international normalized ratio, INR)[$OR=19.43$, 95% $CI(7.64\sim19.44)$, $P<0.01$]、凝血酶原时间(prothrombin time, PT)[$OR=1.43$, 95% $CI(1.25\sim1.63)$, $P<0.01$]、活化部分凝血活酶时间(activated partial thromboplastin time, APTT)[$OR=0.92$, 95% $CI(0.90\sim0.95)$, $P<0.01$]是原位肝移植手术患者术中大量输血的危险因素, Hosmer-Lemeshow检验提示模型校准能力较好($\chi^2=9.06$, $P=0.48$); AUC为0.80, 95% CI 为0.77~0.83 ($P<0.01$)。**结论** 基于原位肝移植患者术前PLT、INR、PT、APTT建立预测模型可用于预测术中大量输血的风险。

【关键词】 原位肝移植 肝功能指标 大量输血 回顾性

Using Liver Function Indicators to Predict Massive Blood Transfusion in Orthotopic Liver Transplantation HU Yanjie¹, YUAN Xingzhu¹, LIANG Shiqi², YANG Xiaoling², LUO Yanli³, LI Ka^{1△}. 1. West China School of Nursing, Sichuan University/West China Hospital, Sichuan University, Chengdu 610041, China; 2. Department of Liver Surgery, West China Hospital/West China School of Nursing, Sichuan University, Chengdu 610041, China; 3. Anesthesia and Operation Center, West China Hospital/West China School of Nursing, Sichuan University, Chengdu 610041, China

△ Corresponding author, E-mail: lika127@126.com

【Abstract】 Objective To explore the predictive effect of preoperative liver function indicators for intraoperative massive blood transfusion in orthotopic liver transplantation and to establish a prediction model. **Methods** We retrospectively analyzed the relevant data of 607 patients who underwent orthotopic liver transplantation in the Department of Liver Surgery, West China Hospital, Sichuan University between January 1, 2015 and June 30, 2021. According to the intraoperative transfusion volume of leukocyte-reduced red blood cells in additive solution, the patients were divided into a massive blood transfusion (MBT) group and a non-massive blood transfusion (NMBT) group. Univariate and multivariate logistic regressions were performed to analyze the risk factors of intraoperative MBT in orthotopic liver transplantation, the calibration of the predictive model was assessed by Hosmer-Lemeshow test, and the discrimination power of the predictive model was measured by area under the curve (AUC) of the receiver operating characteristic (ROC) curve. **Results** According to the results of logistic regression, alanine transaminase (ALT), aspartate transaminase (AST), total bilirubin (TBIL), direct bilirubin (DBIL), albumin (ALB), and Child-Pugh score showed no correlation with the risk of MBT in orthotopic liver transplantation operation. Platelet count (PLT) (odds ratio [OR]=0.90, 95% confidence interval [CI]: 0.09-0.19, $P=0.02$), international normalized ratio (INR) ($OR=19.43$, 95% CI : 7.64-19.44, $P<0.01$), prothrombin time (PT) ($OR=1.43$, 95% CI : 1.25-1.63, $P<0.01$), and activated partial thromboplastin time (APTT) ($OR=0.92$, 95% CI : 0.90-0.95, $P<0.01$) were identified as the risk factors of intraoperative MBT in orthotopic liver transplantation. The Hosmer-Lemeshow test showed that the predictive model had good calibration ($\chi^2=9.06$, $P=0.48$) and discrimination power ($AUC=0.80$, 95% CI 0.766-0.834, $P<0.01$). **Conclusion** A predictive model based on the preoperative PLT, INR, PT, and APTT of patients undergoing orthotopic liver transplantation was established and can be used to predict the risk of intraoperative MBT in liver transplantation patients.

* 国家自然科学基金重点项目(No. U22A20334)、四川省成都市科技局创新研发项目(No. 2022-YF05-01440-SN)和成都市卫健委项目(No. JH2022055)

资助

△ 通信作者, E-mail: lika127@126.com

【Key words】 Orthotopic liver transplantation
Retrospective

Liver function indicators Massive blood transfusion

肝移植是目前外科手术中最大、最复杂、费时最长的手术,同时也是挽救肝病终末期患者的公认有效方法。输血是肝移植手术方案中的重要治疗手段之一。然而,大量输血会对患者预后造成不良影响,包括免疫系统紊乱,肺、肾等重要脏器急性损伤、感染等^[1-4]。肝移植输血是一个复杂而系统的问题,涉及到围手术期不同阶段的多种因素。相较于术中和术后相关因素,术前因素能够在识别后进行及时干预和纠正,以降低术中大量输血的风险。目前肝移植术前肝功能预测术中大量输血成为本领域的研究热点^[5-7],但研究结果尚未达成共识。因此,本研究提取2015–2021年在四川大学华西医院肝脏外科进行肝移植手术的患者信息,提取术前肝功能数据及术中用血相关数据,分析术前肝功能指标与术中大量输血的相关关系,建立基于术前肝功能指标的肝移植手术大量输血预测模型,为肝移植手术合理用血提供参考。

1 资料与方法

1.1 研究对象

本研究设计为回顾性观察性研究,在四川大学华西医院伦理委员会批准和督导下进行,伦理批件编号:2021年审1087号。通过医院管理信息系统(hospital information system, HIS)提取了2015年1月1日–2021年6月30日在本中心肝脏外科行原位肝移植手术的患者相关资料。纳入标准:①年龄18~80岁;②初次行原位肝移植手术;③术中输注红细胞悬液。排除标准:①Rh-血型;②术中死亡;③联合其他脏器移植。剔除标准:资料缺失 $\geq 20\%$ 。按照相关标准进行提取,最终纳入607例研究对象。

1.2 分组依据

根据既往文献总结^[8-10],肝移植患者术中红细胞输注量少于10 U(即 < 10 U)者为非大量输血患者(non-massive blood transfusion, NMBT),不少于10 U(即 ≥ 10 U)者为大量输血患者(massive blood transfusion, MBT)。

1.3 血制品及血量计算方法

本研究中心所使用血制品由成都市红十字血液中心统一提供,符合中华人民共和国国家卫生健康委员会颁布《全血及成分血质量要求》(GB 18469—2012)要求,使用方法按照《全血和成分血使用》(WS/T 623—2018)实施。血制品剂量使用国际统一标准U进行计算,1 U红细

胞悬液(red blood cells in additive solution leukocytes reduced, RBC)=200 mL, 1 U新鲜冰冻血浆(fresh frozen plasma, FFP)=100 mL, 一个治疗量的单采血小板(apheresis platelets)即10 U=300 mL。

1.4 研究指标

通过文献回顾和专家意见筛选预测因子,包括基线资料、术前肝功能指标及输血相关指标等。

基线资料指标:性别、年龄、民族、体质质量指数(body mass index, BMI)、基础疾病、腹部手术史、美国麻醉医师协会(American Society of Anesthesiologists, ASA)评分、手术时长。

术前肝功能指标:血小板计数(platelet count, PLT)、国际标准化比值(international normalized ratio, INR)、凝血酶原时间(prothrombin time, PT)、活化部分凝血活酶时间(activated partial thromboplastin time, APTT)、丙氨酸转氨酶(alanine transaminase, ALT)、天冬氨酸转氨酶(aspartate transaminase, AST)、血清总胆红素(total bilirubin, TBIL)、血清直接胆红素(direct bilirubin, DBIL)、白蛋白(albumin, ALB)、Child-Pugh评分。

输血相关指标:出血量、输血量、红细胞悬液输注量。

1.5 统计学方法

对于本研究中符合正态分布的计量资料,采用 $\bar{x} \pm s$ 进行统计描述,统计分析采用两独立样本 t 检验;否则采用中位数(P_{25} , P_{75})进行统计描述,统计分析采用独立样本的非参数秩和检验。对于计数资料,用率进行统计描述,两组间的比较采用 χ^2 检验或Fisher确切概率法。应用Box-Tidwell法检查连续性变量(年龄、BMI、PLT、INR、PT、APTT、ALT、AST、TBIL、DBIL、ALB)与因变量的logit转换值之间是否存在线性关系,应用容忍度和方差膨胀因子(variance inflation factor, VIF)判断自变量之间的多重共线性,VIF为容忍度的倒数,当 $0 < VIF < 10$ 时即可确认自变量之间不存在共线性。采用单因素logistic回归分析筛选组间有差异的指标, $P < 0.05$ 的变量纳入多因素分析;采用多因素logistic回归分析术前肝功能指标与原位肝移植术中大量输血的关系,并计算优势比(odds ratio, OR)值及其对应的95%置信区间(confidence interval, CI),多因素分析采用基于最大似然估计的向前逐步回归法进行变量筛选。通过Hosmer-Lemeshow检验评价模型的校准度,ROC曲线下面积衡量

模型的区分度。 $\alpha_{\text{双侧}}=0.05$ 。

2 结果

2.1 肝移植术中大量输血的情况分析

本研究中, 原位肝移植术中大量输血的发生率为32.62%。对两组患者的术中出血量、输血量及红细胞悬液输注量进行统计, 详见表1。

表1 原位肝移植患者术中出血量、输血量、红细胞悬液输注量

Table 1 Volumes of intraoperative blood loss, blood transfusion, and RBC transfusion in orthotopic liver transplantation

Variable	MBT ($n=198$)	NMBT ($n=409$)
Intraoperative blood loss/mL	2 631.07±345.51	1 333.38±656.78
Intraoperative blood transfusion/mL	2 996.23±339.94	1 053.06±513.25
RBC transfusion/mL	1 030.76±667.42	484.94±288.53

2.2 一般资料

本研究中, 男422例(69.52%)、女185例(30.48%), 年龄范围为18~77(47.58±11.90)岁, ≥65岁老年患者占5.93%(36/607); 汉族516例(85.00%), 藏族91例(15.00%); BMI范围为13.03~33.06(22.40±3.51) kg/m², 原发疾病为肝癌者302例(49.75%), 肝硬化者223例(36.74%), 肝衰竭67例(11.04%), 先天性免疫缺陷疾病15例(2.47%); 256例(42.17%)患者曾经受过腹部手术; ASA评分为1、2、3、4的研究对象分别为24例(3.95%)、202例(33.28%)、371例(61.12%)、10例(1.64%); 580例(95.56%)患者的手术时长超过3 h。一般资料情况详见表2。

2.3 原位肝移植术中大量输血发生风险的单因素分析

经Box-Tidwell法检验, 自变量(年龄、BMI、PLT、INR、PT、APTT、ALT、AST、TBIL、DBIL、ALB)与因变量(术中是否发生大量输血)的logit转换值之间存在线性关系, 详见附录表1。经过对两组原位肝移植手术患者术中大量输血危险因素的单因素分析, 结果显示: PLT($P<0.01$)、INR($P=0.01$)、PT($P=0.01$)、APTT($P=0.01$)、ALT($P=0.02$)、AST($P=0.03$)、TBIL($P<0.01$)、DBIL($P<0.01$)均是原位肝移植术中大量输血的相关危险因素; 单因素 logistic 回归分析结果见表3。

根据单因素分析结果, 进一步把PLT、INR、PT、APTT、ALT、AST、TBIL、DBIL指标纳入多因素回归模型, 通过判别容忍度和VIF验证各变量之间无多重共线性问题, 符合logistic回归分析建立预测模型的适用条件, 结果见附录表2。

2.4 logistic 多因素分析及ROC 曲线

采用二元logistic 回归方法建立回归模型, 结果表明,

表2 患者基线临床资料比较

Table 2 Analysis of the baseline demographic and clinical data of the patients

Variable	MBT ($n=198$)	NMBT ($n=409$)	P
Sex/case (%)			0.21
Male	131 (66.16)	291 (71.15)	
Female	67 (33.84)	118 (28.85)	
Age/yr., $\bar{x} \pm s$	47.36±11.29	46.12±14.10	0.28
Ethnicity/case (%)			0.81
Han Chinese	167 (84.34)	349 (85.33)	
Minority ethnicities	31 (15.66)	60 (14.67)	
BMI/(kg/m ²), $\bar{x} \pm s$	22.18±3.44	22.61±3.57	0.17
Primary disease/case (%)			0.11
Hepatocellular carcinoma	98 (49.50)	204 (49.88)	
Cirrhosis	73 (36.87)	150 (36.67)	
Hepatic failure	22 (11.11)	45 (11.00)	
Congenital immunodeficiency diseases	5 (2.52)	10 (2.45)	
History of abdominal surgery/case (%)			0.34
No	109 (55.05)	242 (59.17)	
Yes	89 (44.95)	167 (40.83)	
ASA score/case (%)			0.42
1	8 (4.04)	16 (3.91)	
2	57 (28.79)	145 (35.45)	
3	130 (65.66)	241 (58.92)	
4	3 (1.51)	7 (1.72)	
Operation duration/case (%)			0.29
<3 h	7 (3.54)	20 (4.89)	
≥3 h	191 (96.46)	389 (95.11)	
PLT/ 10^9 L^{-1} , $\bar{x} \pm s$	97.97±72.00	103.27±94.81	0.04
INR ($\bar{x} \pm s$)	1.48±0.70	1.04±0.08	<0.01
PT/s, $\bar{x} \pm s$	16.36±6.96	11.51±0.81	<0.01
APTT/s, $\bar{x} \pm s$	39.51±16.69	28.53±3.35	<0.01
ALT/(U/L), $\bar{x} \pm s$	334.33±16.64	138.94±46.02	<0.01
AST/(U/L), $\bar{x} \pm s$	81.78±43.01	246.54±88.42	<0.01
TBIL/(μmol/L), $\bar{x} \pm s$	53.83±7.69	40.80±11.42	<0.01
DBIL/(μmol/L), $\bar{x} \pm s$	39.10±5.02	31.22±10.50	<0.01
ALB/(g/L), $\bar{x} \pm s$	34.19±5.72	32.96±5.12	0.13
Child-Pugh grade/case (%)			0.73
A	13 (6.57)	15 (3.67)	
B	70 (35.35)	136 (33.25)	
C	115 (58.08)	258 (63.08)	

BMI: body mass index; ASA: American Society of Anesthesiologists; PLT: platelet count; INR: international normalized ratio; PT: prothrombin time; APTT: activated partial thromboplastin time; ALT: alanine transaminase; AST: aspartate transaminase; TBIL: total bilirubin; DBIL: direct bilirubin; ALB: albumin.

ALT、AST、TBIL、DBIL、ALB及Child-Pugh评分与原位肝移植术中大量输血风险无相关性; PLT、INR、PT、APTT具有统计学意义($P<0.05$), 是原位肝移植手术患者术中大量输血的独立危险因素, 见表4。根据回归模型的

表 3 原位肝移植患者术中大量输血危险因素的单因素分析

Table 3 Univariate analysis of risk factors of intraoperative MBT in patients undergoing orthotopic liver transplantation

Variable	OR	95% CI	P
Sex			0.10
Female	1		
Male	1.44	0.93-2.22	
Age	1.02	1.00-1.04	0.06
Ethnicity			
Han Chinese	1		
Minority ethnicities	0.10	0.55-1.78	0.98
BMI	0.97	0.92-1.03	0.33
Primary disease			
Hepatocellular carcinoma	1		
Cirrhosis	0.69	0.14-3.49	0.65
Hepatic failure	0.54	0.11-2.68	0.45
Congenital immunodeficiency diseases	0.50	0.09-2.75	0.42
History of abdominal surgery			
Yes	1		
No	0.76	0.51-1.14	0.18
ASA score			
1	1		
2	2.78	0.22-34.39	0.43
3	1.25	0.12-13.17	0.85
4	2.38	0.23-25.00	0.47
Operation duration			
<3 h	1		
≥3 h	0.32	0.09-1.20	0.09
PLT	3.18	0.91-5.97	<0.01
INR	16.93	5.70-50.26	0.01
PT	1.46	1.27-1.69	0.01
APTT	1.07	1.02-1.13	0.01
ALT	1.01	1.02-1.20	0.02
AST	4.27	1.97-9.27	0.03
TBIL	1.04	1.01-1.06	<0.01
DBIL	1.03	0.09-1.06	<0.01
ALB	0.14	0.95-1.23	0.40
Child-Pugh grade			
A	1		
B	1.70	0.66-4.36	0.27
C	0.84	0.53-1.33	0.46

The abbreviations are explained in the notes to Table 2. OR: odds ratio; CI: confidence interval.

数学预测公式^[11]: $P = 1 / (1 + \exp(-Z))$, 制订本研究预测模型数学公式: $P = 1 / (1 + \exp[-(-0.01 \times \text{PLT} + 2.97 \times \text{INR} + 0.34 \times \text{PT} + 0.08 \times \text{APTT})])$ 。在本研究中, PLT 为原位肝移植术中大量输血风险的保护因素, 即 PLT 每增加 $1 \times 10^9 \text{ L}^{-1}$, 原位肝移植术中大量出血的风险降低 0.9 倍 [OR = 0.90, 95%CI(0.09 ~ 0.19), $P = 0.02$]; INR、PT、APTT 是原位肝移植术中大量出血的危险因素, INR 每增加 1 个单位, 原位肝移植术中大量出血的风险提高 19.43 倍 [OR = 19.43,

95%CI(7.64 ~ 19.44), $P < 0.01$]; PT 每提高 1 s, 原位肝移植术中大量出血的风险提高 1.43 倍 [OR = 1.43, 95%CI(1.25 ~ 1.63), $P < 0.01$]; APTT 每提高 1 s, 原位肝移植术中大量出血的风险提高 0.92 倍 [OR = 0.92, 95%CI(0.90 ~ 0.95), $P < 0.01$]。

表 4 原位肝移植手术患者术中大量输血危险因素的多因素 logistic 回归分析

Table 4 Multivariate logistic regression of risk factors for intraoperative MBT in patients undergoing orthotopic liver transplantation

Variable	β	SE	Wald χ^2	OR	95% CI	P
PLT	-0.01	0.01	1.12	0.90	0.09-0.19	0.02
INR	2.97	0.48	38.76	19.43	7.64-19.44	<0.01
PT	0.34	0.07	27.80	1.43	1.25-1.63	<0.01
APTT	0.08	0.02	26.61	0.92	0.90-0.95	<0.01

The abbreviations are explained in the notes to Table 2. β : regression coefficient; SE: standard error.

Omnibus 检验结果提示该模型具有统计学意义 ($\chi^2 = 81.99$, $P < 0.01$); Hosmer-Lemeshow 检验结果提示模型校准能力较好 ($\chi^2 = 9.06$, $P = 0.48$)。绘制 ROC 曲线对模型区分度进行检验, 约登指数最大值用来确定模型的最佳临界值。经计算得: AUC 为 0.80, 95%CI 为 0.77 ~ 0.83 ($P < 0.01$), 表明其判断意义较好。约登指数为 0.62, 灵敏度为 0.96, 特异度为 0.34。详见图 1。

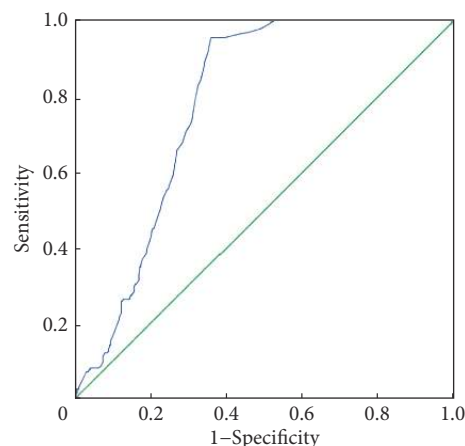


图 1 肝移植术中大量输血预测模型的 ROC 曲线

Fig 1 ROC curve of intraoperative MBT predictive model in liver transplantation

3 讨论

肝移植术中大量输血是该领域中的重大问题, 大量输血会带来急性肝肾衰竭、感染等严重并发症。通过术前肝功能相关指标预测术中大量输血可以提升肝移植术

中用血及容量管理的科学性、客观性^[12-15]。本研究所建立的术中大量输血的预测因素并建立相应的预测模型为肝移植术中输血的科学管理提供参考。通过对2015年以来在四川大学华西医院肝移植中心进行原位肝移植术患者术中输血情况的回顾性分析,提取了18个候选预测变量,大量输血发生率 $198/607=32.6\%$,根据十分之一法则,样本量应满足 $18 \times 10 / 0.326 = 552$ 例,因此本文的样本量符合样本量计算的要求。本研究发现,术前PLT、INR、PT、APTT是肝移植术中大量输血的独立危险因素,与现有国内外研究存在相似之处^[12, 16-20]。多项研究^[5, 21-22]提出PLT是预测肝移植术中大量输血的独立危险因素。可能的原因是,肝移植患者肝功能受损,血小板生成素合成量减少;另外,我国肝移植患者多为乙肝病毒感染者(本研究中49.75%的肝移植患者原发病为乙肝病毒型肝炎),病毒感染所造成的骨髓抑制也会减少血小板生成;同时,肝移植患者机体免疫功能紊乱会导致血小板破坏增多。INR、PT、APTT均为体现凝血功能状态的具体指标,凝血功能差与术中大量输血的相关性在系列相关研究中也得到验证。肝移植患者多为肝病终末期状态,肝功能严重受损,肝脏合成凝血因子的能力大大降低^[23],加上血小板凝血功能减弱及数量减少,术中发生出血的风险增高^[24],因此术前凝血功能差是提示肝移植术中大量输血的风险因素。EGHBAL等^[25]及姜华等^[18]认为总胆红素是术中大量输血的独立预测因子,出现这种差异的可能原因是在其研究所纳入的对象中,合并胆管癌等胆道系统疾病的患者较多,胆红素的分泌、贮存及代谢功能异常水平较高,胆红素异常情况多发且严重;而本研究中的研究对象原发疾病多是原发性肝癌,不同输血情况的胆红素水平差异有统计学意义,但尚不足以构成独立预测因素。

本研究存在一些局限性。本研究采用的是单中心的回顾性研究,存在与回顾性研究性质相关的固有局限性,结果的外推性也不得而知;今后应进一步需求开展多中心、前瞻性的高质量研究,以进一步优化模型的准确性和可推广性。其次,本研究未呈现出列线图结果,模型的可视化性能受到限制,未来的研究中可继续完善列线图,以方便临床医护人员筛查原位肝移植术中大量输血的高危风险患者。

综上,本研究初步建立了以术前肝功能指标为基础的原位肝移植术中大量输血的预测模型,可为肝移植围手术期用血管理提供参考。研究结果提示应注意改善患者术前的PLT、凝血功能等指标,以实现术中合理输血,避免因大量输血带来的并发症。未来本研究团队将以此结论为基础,继续开展术前肝功能指标预测术中输血情

况的高质量前瞻性随机对照研究,对模型进一步完善,并开展多中心联合研究,以建立符合中国肝移植患者情况的术中输血预测模型。

* * *

作者贡献声明 胡艳杰负责论文构思、数据审编、正式分析、经费获取、调查研究、研究方法和初稿写作,袁星竹负责正式分析、经费获取、调查研究、研究方法、验证和可视化,梁诗琪负责数据审编、正式分析、研究方法、提供资源和可视化,杨小玲负责数据审编、提供资源、研究项目管理和监督指导,罗艳丽负责研究项目管理、提供资源和初稿写作,李卡负责数据审编、经费获取、研究项目管理、提供资源、监督指导和审读与编辑写作。所有作者已经同意将文章提交给本刊,且对将要发表

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参 考 文 献

- [1] IYER M H, KUMAR J E, KUMAR N, *et al.* Transfusion-related acute lung injury during liver transplantation: a scoping review. *J Cardiothorac Vasc Anesth*, 2022, 36(8 Pt A): 2606–2615. doi: 10.1053/j.jvca.2021.04.033.
- [2] LITTLE C J, LEVERSON G E, HAMMEL L L, *et al.* Blood products and liver transplantation: a strategy to balance optimal preparation with effective blood stewardship. *Transfusion*, 2022, 62(10): 2057–2067. doi: 10.1111/trf.17074.
- [3] SMITH N K, KIM S, HILL B, *et al.* Transfusion-related acute lung injury (TRALI) and transfusion-associated circulatory overload (TACO) in liver transplantation: a case report and focused review. *Semin Cardiothorac Vasc Anesth*, 2018, 22(2): 180–190. doi: 10.1177/1089253217736298.
- [4] 蔡俊刚, 李占军, 吴安石. 原位肝移植术后急性肺损伤临床因素分析. *广东医学*, 2020, 41(5): 511–514. doi: 10.13820/j.cnki.gdyx.20190335.
- [5] CHEN S, LIU L P, WANG Y J, *et al.* Advancing prediction of risk of intraoperative massive blood transfusion in liver transplantation with machine learning models. A multicenter retrospective study. *Front Neuroinform*, 2022, 13(16): 893452. doi: 10.3389/fninf.2022.893452.
- [6] 许瀛, 张浩, 栗光明, 等. 血栓弹力图预测肝移植术中大量输血及指导备血的研究. *北京医学*, 2021, 43(9): 875–879. doi: 10.15932/j.0253-9713.2021.09.010.
- [7] PUSTAVOITAU A, LESLEY M, ARIYO P, *et al.* Predictive modeling of massive transfusion requirements during liver transplantation and its potential to reduce utilization of blood bank resources. *Anesth Analg*, 2017, 124(5): 1644–1652. doi: 10.1213/ANE.0000000000001994.
- [8] LAWSON P J, MOORE H B, MOORE E E, *et al.* Preoperative thrombelastography maximum amplitude predicts massive transfusion in liver transplantation. *J Surg Res*, 2017, 220: 171–175. doi: 10.1016/j.jss.2017.05.115.
- [9] TAN L, WEI X, YUE J, *et al.* Impact of perioperative massive transfusion on long term outcomes of liver transplantation: a retrospective cohort study. *Int J Med Sci*, 2021, 18(16): 3780–3787. doi:

- 10.7150/ijms.61697.
- [10] YANG M, ARIYO P, PERLSTEIN B, *et al.* Prophylactic recombinant factor viia for preventing massive transfusion during orthotopic liver transplantation. *Exp Clin Transplant*, 2022, 20(9): 817–825. doi: 10.6002/ect.2022.0159.
- [11] 邢焕民, 吕冬梅, 王晓慧, 等. 术后谵妄风险预测模型的构建及应用. *中华护理杂志*, 2019, 54(1): 8–13.
- [12] SINGH S A, PRAKASH K, SHARMA S, *et al.* Predicting packed red blood cell transfusion in living donor liver transplantation: a retrospective analysis. *Indian J Anaesth*, 2019, 63(2): 119–125. doi: 10.4103/ija.ija_401_18.
- [13] 宗朋, 张玉洪, 于姗姗, 等. 基于R语言建立多元回归方程指导肝移植术前精准备血. *中国输血杂志*, 2021, 34(12): 1325–1328. doi: 10.13303/j.cjbt.issn.1004-549x.2021.12.012.
- [14] 尹文. 组织器官移植对临床输血的挑战与思考. *临床输血与检验*, 2021, 23(5): 545–550. doi: 10.3969/j.issn.1671-2587.2021.05.001.
- [15] 张浩, 池萍, 徐慧芳, 等. 肝移植患者围手术期血液制品的合理应用与规范化管理. *临床药物治疗杂志*, 2020, 18(1): 17–20. doi: 10.3969/j.issn.1672-3384.2020.01.005.
- [16] 陈杰, 李平, 王树亚, 等. 术前变量构建成人肝移植术中异体红细胞输注量预测模型. *临床血液学杂志*, 2022, 35(10): 700–704. doi: 10.13201/j.issn.1004-2806.2022.10.002.
- [17] MILAN Z, CIRKOVIC A, MACMILLAN J, *et al.* Hemostatic markers as predictors of massive blood transfusion in orthotopic liver transplantation. *TRANSPL P*, 2022, 54(3): 734–737. doi: 10.1016/j.transproceed.2022.01.024.
- [18] 姜华, 张欢. 肝移植术患者术中大量输血的危险因素分析. *临床麻醉学杂志*, 2011, 27(3): 213–215.
- [19] 陈杰, 李平, 刘婷婷, 等. 肝移植术中大量输血的影响因素分析及预测模型构建. *中华器官移植杂志*, 2021, 42(1): 29–33. doi: 10.3760/cma.j.cn421203-20190408-00190.
- [20] PRIEM F, KARAKIEWICZ P I, MCCORMACK M, *et al.* Validation of 5 models predicting transfusion, bleeding, and mortality in liver transplantation: an observational cohort study. *HPB (Oxford)*, 2022, 24(8): 1305–1315. doi: 10.1016/j.hpb.2022.01.002.
- [21] JIN S J, KIM S K, CHOI S S, *et al.* Risk factors for intraoperative massive transfusion in pediatric liver transplantation: a multivariate analysis. *Int J Med Sci*, 2017, 14(2): 173–180. doi: 10.7150/ijms.17502.
- [22] PUSTAVOITAU A, RIZKALLA N A, PERLSTEIN B, *et al.* Validation of predictive models identifying patients at risk for massive transfusion during liver transplantation and their potential impact on blood bank resource utilization. *Transfusion*, 2020, 60(11): 2565–2580. doi: 10.1111/trf.16019.
- [23] 柴诗琦, 陈金军, 祁婷婷. 肝硬化患者出凝血系统的变化及凝血功能检测的临床意义. *临床肝胆病杂志*, 2021, 37(12): 2928–2931. doi: 10.3969/j.issn.1001-5256.
- [24] 赖冬, 田艳, 何飞, 等. 从73例重度创伤患者的凝血功能与输血方案论大量输血协议建设的必要性. *中华急诊医学杂志*, 2021, 30(11): 1394–1397. doi: 10.3760/cma.j.issn.1671-0282.
- [25] EGBAL M H, SAMADI K, KHOSRAVI M B, *et al.* The impact of preoperative variables on intraoperative blood loss and transfusion requirements during orthotopic liver transplant. *Exp Clin Transplant*, 2019, 17(4): 507–512. doi: 10.6002/ect.2016.0325.

(2023-05-29 收稿, 2023-07-04 修回)

编辑 姜 恬



开放获取 本文遵循知识共享署名—非商业性使用4.0国际许可协议(CC BY-NC 4.0), 允许第三方对本刊发表的论文自由共享(即在任何媒介以任何形式复制、发行原文)、演绎(即修改、转换或以原文为基础进行创作), 必须给出适当的署名, 提供指向本文许可协议的链接, 同时标明是否对原文作了修改; 不得将本文用于商业目的。

CC BY-NC 4.0许可协议详情请访问<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>。

© 2023《四川大学学报(医学版)》编辑部 版权所有