doi:10.11659/jjssx.11E025120

·骨科微创技术与围术期安全·

单侧双通道内镜腰椎融合术治疗单节段Ⅰ度腰椎滑脱症失血量的危险因素分析

徐贯彭[1],刘莛予[2],刘 军[1],任伟剑[1] (1.辽宁省人民医院骨五科,辽宁 沈阳 110016;2.四川大学华西临床医学院康复医学科,四川 成都 610041)

[摘 要] **目的** 探讨单侧双通道内镜腰椎融合术(UBE-LIF)治疗单节段Ⅰ度腰椎滑脱症患者的失血情况,并分析影响失血量的相关危险因素。**方法** 回顾性分析2023年4月至2024年10月辽宁省人民医院收治的52例单节段Ⅰ度腰椎滑脱症患者的临床资料。收集患者的一般资料[年龄、性别、体质量指数(BMI)、高血压及糖尿病等]、手术资料(病变节段、手术时间)以及相关检验指标[骨密度、血红蛋白(Hb)、红细胞压积(HCT)、血小板计数(PLT)、凝血酶原时间(PT)、活化部分凝血活酶时间(APTT)、纤维蛋白原(FIB)]。应用Gross公式计算总失血量。进行单因素分析和*Pearson*相关性分析初步筛选与失血量相关的因素,应用多因素线性回归模型确定失血量的独立危险因素,并构建受试者工作特征(*ROC*)曲线评估各危险因素对失血量的预测效能。**结果** 患者平均手术时间为(270.58±59.61)min,总失血量为(308.15±121.36)mL。术后Hb为(113.63±12.23)g/L,低于术前的(127.48±12.08)g/L(*P*<0.05);术后HCT为(34.42±4.41)%,低于术前的(38.61±4.91)%(*P*<0.05)。单因素分析显示,性别、高血压、糖尿病和病变节段与失血量无显著相关性(*P*>0.05)。*Pearson*相关性分析显示,手术时间(*r*=0.562,*P*=0.032)、骨密度(*r*=−0.412,*P*=0.021)、PLT(*r*=−0.421,*P*=0.018)和APTT(*r*=−0.392,*P*=0.029)与失血量显著相关;年龄(*r*=0.306,*P*=0.095)、BMI(*r*=0.274,*P*=0.136)、PT(*r*=−0.014,*P*=0.983)、FIB(*r*=0.184,*P*=0.323)与失血量无显著相关性。*ROC*曲线分析结果显示,手术时间、骨密度、PLT预测术后大量失血的曲线下面积(*AUC*)分别为0.813(95%*CI*:0.688~0.938,*P*<0.001)、0.794(95%*CI*:0.654~0.934,*P*<0.001)、0.802(95%*CI*:0.683~0.921,*P*<0.001),对术后大量失血均具有良好的预测价值。多因素线性回归分析显示,手术时间延长、骨密度和PLT降低是影响失血量的独立危险因素(*P*<0.05)。**结论** UBE-LIF治疗单节段Ⅰ度腰椎滑脱症会导致一定程度的失血,其中手术时间延长、骨密度和PLT降低是影响术后大量失血的独立危险因素。临床实践中针对具有这些特征的患者应加强管理,以提高手术安全性。

[关键词] 腰椎滑脱症;单侧双通道内镜腰椎融合术;失血量;危险因素

[中图分类号] R681.5 [文献标志码] A [收稿日期] 2025-11-05

[基金项目] 辽宁省自然科学基金联合基金(博士科研启动项目)(2023-BSBA-186)

[通信作者] 任伟剑,E-mail:d8501@lnph.com

[20] 沈晓龙,徐 辰,钟华建,等.颈椎后路单侧显露椎管扩大椎板成形术治疗颈椎后路单开门椎管扩大椎板成形术后的骨化进展[J].脊柱外科杂志,2024,22(5):289-294. doi:10.3969/j.issn.1672-2957.2024.05.001.

[21] 寇程新,杨 波,刘会毅,等.齿状突骨折治疗的研究进展[J].中国当代医药,2023,30(12):38-43. doi:10.3969/j.issn.1674-4721.2023.12.010.

[22] 李 琨,张少杰,史 君,等.下颈椎椎弓根的显微形态学特征[J].中国组织工程研究,2024,28(12):1890-1894. doi:10.12307/2024.032.

[23] 谢文博,宋红梅,林菲菲,等.基于Micro-CT评价温阳补肾方对兔激素性股骨头坏死模型股骨头微结构的影响[J].中医康复,2024,1(3):1-4. doi:10.19787/j.issn.2097-3128.2024.03.001.

[24] 内蒙古自治区人民医院(内蒙古自治区肿瘤研究所).基于普通CT和Micro-CT图像分析量化评估骨组织的方法:202211046530.0[P].2022-12-06.

[25] Hosalkar HS, Sankar WN, Wills BPD, et al. Congenital osseous anomalies of the upper cervical spine[J]. J Bone Joint Surg Am, 2008,90(2):337-348. doi:10.2106/JBJS.G.00014.

[26] 郭永飞,陈德玉,刘 岩,等.可调控式颈椎融合固定器实验山羊模型的建立[J].第二军医大学学报,2008,29(3):290-293. doi:10.3321/j.issn:0258-879X.2008.03.013.

[27] Peterson JM, Chlebek C, Clough AM, et al. Stiffness matters: part Ⅱ—the effects of plate stiffness on load-sharing and the progression of fusion following anterior cervical discectomy and fusion: in vivo[J]. Spine (Phila Pa 1976), 2018, 43(18): E1069-E1076. doi:10.1097/BRS.0000000000002644.

[28] Anderson AE, Peters CL, Tuttle BD, et al. Subject-specific finite element model of the pelvis: development, validation and sensitivity studies[J]. J Biomech Eng, 2005, 127(3): 364-373. doi:10.1115/1.1894148

[29] Zafarparandeh I, Erbulut DU, Lazoglu I, et al. Development of a finite element model of the human cervical spine[J]. Turk Neurosurg, 2014, 24(3): 312-318. doi:10.5137/1019-5149.JTN.8486-13.0.

(编辑:龙小芬)

Risk factors for blood loss in unilateral biportal endoscopic lumbar interbody fusion for single-segment grade Ⅰ lumbar spondylolisthesis

XU Guan-peng[1], LIU Ting-yu[2], LIU Jun[1], REN Wei-jian[1] (1. Fifth Department of Orthopedics, People's Hospital of Liaoning Province, Shenyang Liaoning 110016, China; 2. Department of Rehabilitation Medicine, West China School of Medicine of Sichuan University, Chengdu Sichuan 610041, China)

Abstract: Objective To investigate blood loss in patients with single-segment grade Ⅰ lumbar spondylolisthesis treated with unilateral biportal endoscopic lumbar interbody fusion (UBE-LIF) and to analyze the risk factors associated with blood loss. **Methods** A retrospective analysis was conducted on the clinical data of 52 patients with single-segment grade Ⅰ lumbar spondylolisthesis admitted to People's Hospital of Liaoning Province from April 2023 to October 2024. The general information [age, gender, body mass index (BMI)], hypertension and diabetes), surgical details (involved segment, operative time), and related laboratory indicators [bone mineral density, hemoglobin (Hb), hematocrit (HCT), platelet count (PLT), prothrombin time (PT), activated partial thromboplastin time (APTT), and fibrinogen (FIB)]. Total blood loss was calculated using the Gross formula. Univariate analysis and *Pearson* correlation analysis were conducted to preliminarily screen factors related to blood loss. Multiple linear regression model was performed to identify independent risk factors for blood loss, and *receiver operating characteristic* (*ROC*) curve was constructed to evaluate the predictive performance of each risk factor for blood loss. **Results** The mean operative time was (270.58±59.61) minutes, and the total blood loss was (308.15±121.36) mL. Postoperative Hb was (113.63±12.23) g/L, which was lower than the preoperative value of (127.48±12.08) g/L (P<0.05). Postoperative HCT was (34.42±4.41)%, which was lower than the preoperative value of (38.61±4.91)% (P<0.05). Univariate analysis showed that no significant correlations were found between blood loss and gender, hypertension, diabetes, or affected segment (P>0.05). *Pearson* correlation analysis revealed that operative time (r=0.562, P=0.032), bone mineral density (r=−0.412, P=0.021), PLT (r=−0.421, P=0.018), and APTT (r=−0.392, P=0.029) were significantly correlated with blood loss, while age (r=0.306, P=0.095), BMI (r=0.274, P=0.136), PT (r=−0.014, P=0.983), and FIB (r=0.184, P=0.323) showed no significant correlations with blood loss. *ROC* curve analysis showed that the *area under the curve* (*AUC*) for predicting severe blood loss was 0.813 (95%*CI*: 0.688 to 0.938, P<0.001) for operative time, 0.794 (95%*CI*: 0.654 to 0.934, P<0.001) for bone mineral density, and 0.802 (95%*CI*: 0.683 to 0.921, P<0.001) for PLT, indicating good predictive value for severe blood loss. Multiple linear regression analysis showed that prolonged operative time, and decreased bone mineral density and PLT were independent risk factors for blood loss (P<0.05). **Conclusion** UBE-LIF for single-segment grade Ⅰ lumbar spondylolisthesis results in a certain degree of blood loss. The prolonged operative time, decreased bone mineral density and reduced PLT are independent risk factors for increased postoperative blood loss. In clinical practice, more intensive management should be considered for patients presenting with these features to enhance surgical safety.

Keywords: lumbar spondylolisthesis; unilateral biportal endoscopic lumbar interbody fusion; blood loss; risk factors

腰椎滑脱症是脊柱外科的常见疾病,当患者出现持续腰腿痛、间歇性跛行等症状,且经严格保守治疗效果不佳时,常需外科手术干预。腰椎开放手术是治疗腰椎滑脱症的经典术式。近年来,随着脊柱微创技术的迅速发展,单侧双通道内镜腰椎融合术(unilateral biportal endoscopic lumbar interbody fusion, UBE-LIF)因创伤小、术中视野清晰及术后恢复快等优势,已逐步成为治疗腰椎滑脱症的成熟微创术式之一[1-4]。

然而,部分接受UBE-LIF治疗的腰椎滑脱症患者,即使术前无贫血及凝血功能异常,术后仍可能出现血红蛋白(hemoglobin,Hb)水平显著下降,提示该术式存在失血可能[5]。由于UBE-LIF手术时间相对较长,术中减压及固定操作易导致失血量增加,因此术后Hb水平下降应引起临床充分重视。目前,关于UBE-LIF失血量及相关危险因素的研究较少。为此,本研究回顾性分析我院行UBE-LIF治疗的Ⅰ度腰椎滑脱症患者的临床资料,观察患者失血情况,并进一步探讨其相关危险因素。

1 资料与方法

1.1 临床资料

回顾性分析2023年4月至2024年10月辽宁省人民医院骨五科收治的52例单节段Ⅰ度腰椎滑脱症患者的临床资料。纳入标准:①临床症状体征与影像学特征相符的单节段Meyerding Ⅰ度腰椎滑脱症;②年龄大于18岁;③病程超过6个月,保守治疗无效。排

除标准:①既往腰椎手术史;②存在腰椎感染、肿瘤、骨折、结核或先天性脊柱畸形;③合并严重心、肺、肝、肾功能障碍等手术禁忌证。本研究经辽宁省人民医院伦理委员会审批[批准号:(2024)H023号]。

1.2 手术方法

患者全身麻醉成功后取俯卧位,C型臂X射线机透视下定位椎间隙、棘突中线以及上下椎弓根的体表投影。于同侧椎弓根内缘连线与椎间隙的交点上下约1.5 cm处,分别作2个长约1 cm的皮肤切口,建立观察通道与操作通道。应用射频刀头暴露上位椎板的下缘区域,使用动力磨钻与椎板咬骨钳去除同侧部分上位椎板,并切除下关节突以及上关节突内侧的部分骨质,收集自体骨块用于后续植骨。

应用椎板咬骨钳咬除黄韧带,显露硬膜囊及神经根。锐性切开纤维环,切除髓核组织,刮除上下极软骨终板,显露骨性终板。应用植骨漏斗进行自体骨、人工骨植骨,将已装填自体骨的椎间融合器植入既定位置。透视位置满意后,探查确认硬膜囊及神经根无受压,充分止血后退出内镜操作系统。

同侧经由原切口置入椎弓根螺钉,对侧经皮置入椎弓根螺钉,并在双侧连接钛棒。透视确认内固定物位置满意后,留置1根引流管,逐层缝合手术切口。

1.3 术后处理

鼓励患者术后即开始进行下肢的直腿抬高功能锻炼。待术后切口引流量少于50 mL时,拔除引流管。根据患者疼痛缓解情况,在拔除引流管后,指导其佩戴腰部支具,并逐步下床活动。

1.4 评价指标

记录患者一般资料,包括年龄、性别、体质量指数(body mass index,BMI)及是否合并高血压、糖尿病。手术相关资料包括病变节段、手术时间。检验指标包括骨密度,术前及术后1 d Hb、红细胞压积(hematocrit, HCT),术前凝血酶原时间(prothrombin time, PT)、活化部分凝血活酶时间(activated partial thromboplastin time, APTT)、血小板计数(platelet count, PLT)、纤维蛋白原(fibrinogen, FIB)。

1.5 失血量的计算

在持续冲洗情况下,术中失血量难以直接测量,且需考虑隐性失血的影响。通过Gross方程与Nadler公式的联合应用,计算总失血量和有效循环血量[6-7]。

根据手术前后HCT的变化,采用Gross公式计算术后总失血量:总失血量=血容量×($HCT_{术前}$−$HCT_{术后}$)/$HCT_{平均}$。其中$HCT_{平均}$=($HCT_{术前}$+$HCT_{术后}$)/2。

由Nadler公式计算血容量:血容量=k_1×身高^3(m)+k_2×体质量(kg)+k3,其中男性k_1=0.366 9,k_2=0.032 19,k_3=0.604 1;女性k_1=0.356 1,k_2=0.033 08,k_3=0.183 3。

1.6 统计学方法

采用SPSS 25.0软件进行统计学分析,计量资料符合正态分布且方差齐,以均数±标准差($\bar{x}\pm s$)表示,单因素分析采用t检验。以*Pearson*相关性分析评价年龄、BMI、手术时间、骨密度及术前Hb、HCT、PT、APTT、FIB与失血量的相关性。采用多因素线性回归分析评价具有高相关性的变量,并确定与失血量相关的独立危险因素。采用受试者工作特征(*receiver operating characteristic*, *ROC*)曲线评估各独立危险因素对失血量的预测效能,并计算曲线下面积(*area under the curve*, *AUC*)及其95%*CI*。以P<0.05为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 患者临床资料及失血情况

52例患者中男24例、女28例,年龄(66.23±7.71)岁,BMI为(25.61±3.15)kg/m^2,病变节段L_4/L_5 28例、L_5/S_1 24例,手术时间为(270.58±59.61)min,骨密度为(80.62±37.70) mg/cm^3。患者总失血量为(308.15±121.36) mL。术前贫血患者6例,该6例患者术后仍处于贫血状态;术后贫血患者共有12例,较术前新增6例,可见部分患者经UBE-LIF治疗后出现了不同程度的贫血。

2.2 检验指标结果

患者术前PLT为(213.98±60.77)×10^9/L,PT为(10.43±0.66)s,APTT为(26.89±1.43)s,FIB为(2.76±0.63)g/L。患者术后Hb为(113.63±12.23)g/L,低于术前的(127.48±12.08) g/L,差异具有统计学意义(P<0.05);术后HCT为(34.42±4.41)%,低于术前的(38.61±4.91)%,差异具有统计学意义(P<0.05)。

2.3 UBE-LIF治疗后失血量的单因素分析

单因素分析显示,性别、高血压、糖尿病及病变节段与失血量无明显相关性(P>0.05),见表1。

2.4 UBE-LIF治疗后失血量的*Pearson*相关性分析

手术时间、骨密度、PLT、APTT与失血量具有相关性(P<0.05),年龄、BMI、PT、FIB与失血量无相关性(P>0.05),见表2。

表1 失血量的单因素分析($\bar{x}\pm s$,mL)

因素		*n*	失血量	*t*	*P*
性别	男	24	288.23±145.36	1.848	0.359
	女	28	327.42±280.91		
高血压	有	18	302.95±256.41	0.049	0.827
	无	34	321.60±219.00		
糖尿病	有	12	322.47±314.74	0.173	0.681
	无	40	293.95±210.27		
病变节段	L_4/L_5	28	295.73±117.52	0.795	0.431
	L_5/S_1	24	322.59±124.83		

表2 失血量危险因素的*Pearson*相关性分析

参数	*r*	*P*	参数	*r*	*P*
年龄	0.306	0.095	PLT	−0.421	0.018
BMI	0.274	0.136	PT	−0.014	0.983
手术时间	0.562	0.032	APTT	−0.392	0.029
骨密度	−0.412	0.021	FIB	0.184	0.323

2.5 *ROC*曲线分析

*ROC*曲线确定各连续变量预测大量失血(>400 mL)的最佳截断值(根据约登指数最大原则确定),以总失血量是否大于400 mL为状态变量,分别对年龄、BMI、手术时间、骨密度、PLT、PT、APTT、FIB进行*ROC*曲线分析,结果显示,手术时间、骨密度、PLT对术后大量失血具有良好的预测价值(*AUC*>0.700),APTT的预测价值稍显不足(*AUC*=0.692),见表3、图1;年龄、BMI、PT和FIB的*AUC*无统计学差异(*P*>0.05),未获得有意义的截断值。

表3 *ROC*曲线分析结果

指标	最佳截断值	*AUC*	95%*CI*	*P*
手术时间	300.57 min	0.813	0.668~0.938	<0.001
骨密度	72.34 mg/cm^3	0.794	0.654~0.934	<0.001
PLT	205.08×10^9/L	0.802	0.683~0.921	<0.001
APTT	27.51 s	0.692	0.563~0.875	0.029

2.6 多因素线性回归分析

根据*ROC*曲线分析结果,以上述截断值为界将手术时间、骨密度、PLT、APTT分别转换为二分类变量,连同年龄、BMI、PT和FIB(以连续变量形式)一同纳入多因素线性回归分析,结果显示,手术时间延长(≥300.57 min)、骨密度降低(<72.34 mg/cm^3)和PLT降低(<205.08×10^9/L)是失血量的独立危险因素(*P*<0.05),见表4。

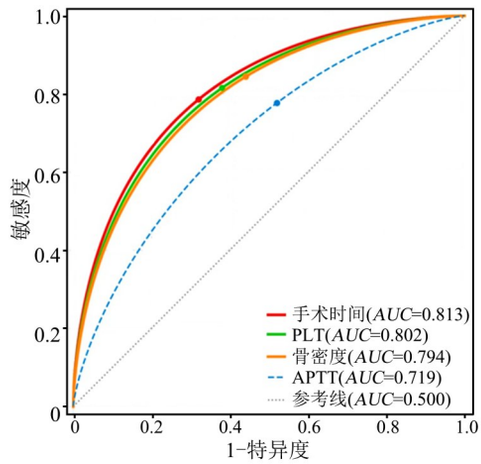


图1 预测失血量的*ROC*曲线

3 讨论

腰椎滑脱症若持续进展,保守治疗效果有限,通常需手术干预。后路腰椎椎间融合术由Briggs等[8]于1994年首次提出,目前已成为治疗腰椎滑脱症的成熟术式之一[9]。然而,腰椎开放手术为实现充分的固定与减压,需广泛剥离椎旁肌肉,这会对腰部肌肉造成损伤,进而导致术后疼痛加剧与恢复周期延长[10]。相较于腰椎开放手术,UBE-LIF技术凭借其术野清晰、微创及术后恢复较快等优势,在临床实践中的应用日益广泛。

UBE-LIF治疗腰椎滑脱症需密切关注术后相关并发症的发生。本研究中术前贫血的患者术后症状未改善,且新增6例贫血患者,说明经UBE-LIF治疗后,可能增加患者贫血风险;患者术后Hb水平低于术前,提示UBE-LIF在围术期可能存在潜在失血风险。深入分析其原因,腰椎滑脱症(特别是退行性病变所致类型)的病理基础常涉及腰椎结构广泛的骨质增生、肥厚性瘢痕形成以及椎管内静脉丛的迂曲淤血[11],在进行椎管减压、关节突关节切除及椎间融合等关键步骤时,上述增生骨质与脆弱血管组织创面的渗血,可能在持续灌洗下被稀释,导致术中未能即时、准确地评估,从而成为失血量的重要来源[4]。因此,即使在微创入路下,针对此类具有复杂增生解剖结构的脊柱退行性疾病,失血风险的管理仍是一项关键挑战,需引起脊柱外科医师的足够重视。

表4 失血量的多因素线性回归分析

变量	*B*	*S.E*	*β*	*t*	*P*
手术时间(≥300.57 min=1;<300.57 min=0)	1.035	0.736	0.225	2.399	0.024
骨密度(<72.34 mg/cm^3=1;≥72.34 mg/cm^3)	−0.216	1.035	−0.124	−2.861	0.033
PLT(<205.08×10^9/L=1;>205.08×10^9/L=0)	−1.275	0.648	−0.328	−2.033	0.048
APTT(≥27.51 s=1;<27.51 s=0)	−29.307	29.054	−0.183	−1.013	0.323

本研究表明,手术时间延长、骨密度降低及PLT降低是UBE-LIF治疗腰椎滑脱症患者失血量增加的独立危险因素。手术时间延长通常与术中组织暴露时间增加、灌洗液持续冲刷以及止血难度大直接相关[12],提示无论开放或微创手术,优化流程、提升操作熟练度以缩短手术时间,是控制失血量的关键。骨密度降低作为骨质结构退变的表现,与失血量的关联在传统开放手术中已有报道[13]。本研究进一步在UBE-LIF背景下验证了此观点:骨密度降低患者不仅松质骨内血窦渗血更显著,且在镜下磨钻处理终板及进行关节突关节切除时,骨面弥漫性渗血难以通过电凝止血,增加了该微创术式的止血难度。PLT降低会增加腰椎微创手术的失血风险,其机制为血小板数量不足引发初级止血功能异常。脊柱内镜手术中需持续灌洗,会进一步放大该不利影响。已有研究证实,术前PLT与术中失血量呈显著负相关[14]。这也提示,术前评估并纠正血小板水平,对减少手术失血具有重要临床价值。

本研究存在一定局限性:为单中心回顾性分析,且样本量有限,易产生选择偏倚,导致结论的外推性受到影响。后续可开展多中心、大样本研究,并进行长期随访,进一步验证本研究结果。

综上,UBE-LIF治疗单节段Ⅰ度腰椎滑脱症会导致一定程度的失血,其中手术时间延长、骨密度降低和PLT降低是影响失血量的独立危险因素。临床实践中针对具有这些特征的患者应加强血液管理,以提高手术安全性。

[参考文献]

[1] Sakhrekar R, Ha JS, Han HD, et al. The past, present, and future of unilateral biportal endoscopy with a technical note on novel endoscopic visualization pedicle screw insertion technique and UBE-transforaminal lumbar interbody fusion technique with literature review [J]. J Orthop Case Rep, 2023, 13(12): 165-171. doi: 10.13107/jocr.2023.v13.i12.4120.

[2] Chu PL, Wang T, Zheng JL, et al. Global and current research trends of unilateral biportal endoscopy/biportal endoscopic spinal surgery in the treatment of lumbar degenerative diseases: a bibliometric and visualization study [J]. Orthop Surg, 2022, 14(4): 635-643. doi: 10.1111/os.13216.

[3] 舒　鹏,王智伟,陈　刚,等. 单侧双通道脊柱内镜下经椎间孔腰椎椎体间融合术治疗单节段Ⅰ、Ⅱ度腰椎滑脱症近期疗效分析[J]. 中国修复重建外科杂志,2022,36(10):1207-1212. doi:10.7507/1002-1892.202205126.

[4] 吴帝求,舒　涛,卢黔威,等. 单侧双通道脊柱内镜与单通道脊柱内镜下经椎间孔腰椎椎间融合术治疗单节段退行性腰椎管狭窄症伴腰椎滑脱的前瞻性对比研究[J]. 中国修复重建外科杂志,2024,38(5): 521-528. doi: 10.7507/1002-1892.202402058.

[5] Bahir AW, Daxing W, Jiayu X, et al. Comparative efficacy and fusion outcomes of unilateral bi-portal endoscopic transforaminal lumbar interbody fusion versus minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion in treating single-segment degenerative lumbar spondylolisthesis with lumbar spinal stenosis: a two-year retrospective study [J]. J Orthop Surg Res, 2024, 19(1): 835-844. doi: 10.1186/s13018-024-05315-5.

[6] Gross JB. Estimating allowable blood loss: corrected for dilution [J]. Anesthesiology, 1983, 58(3): 277-280. doi: 10.1097/00000542-198303000-00016.

[7] Nadler SB, Hidalgo JH, Bloch T, et al. Prediction of blood volume in normal human adults[J]. Surgery, 1962, 51(2): 224-232.

[8] Briggs H, Milligan PR. Chip fusion of the low back following exploration of the spinal canal[J]. J Bone Joint Surg Am, 1944, 26: 125-130.

[9] de Kunder SL, van Kuijk SMJ, Rijkers K, et al. Transforaminal lumbar interbody fusion (TLIF) versus posterior lumbar interbody fusion (PLIF) in lumbar spondylolisthesis: a systematic review and meta-analysis [J]. Spine J, 2017, 17(11): 1712-1721. doi: 10.1016/j.spinee.2017.06.018.

[10] Imada A, Huynh TR, Drazin D, et al. Minimally invasive versus open laminectomy/discectomy, transforaminal lumbar, and posterior lumbar interbody fusions: a systematic review[J]. Cureus, 2017, 9(7): 1488-1496. doi: 10.7759/cureus.1488.

[11] Koreckij TD, Fischgrund JS. Degenerative spondylolisthesis [J]. J Spinal Disord Tech, 2015, 28(7): 236-241. doi: 10.1097/bsd.0000000000000298.

[12] Ding Y, Chen H, Wu G, et al. Comparison of efficacy and safety between unilateral biportal endoscopic transforaminal lumbar interbody fusion versus uniportal endoscopic transforaminal lumbar interbody fusion for the treatment of lumbar degenerative diseases: a systematic review and meta-analysis[J]. BMC Musculoskelet Disord, 2024, 25(1): 1037. doi: 10.1186/s12891-024-08146-x.

[13] Lin S, Liu S, Li Y, et al. Hidden blood loss of minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion of lumbar degenerative diseases in patients with osteoporosis: a retrospective study [J]. J Orthop Surg Res, 2024, 19(1): 798-805. doi: 10.1186/s13018-024-05297-4.

[14] Alimohammadi E, Sadeghsalehi A, Ranjbari F, et al. Low mean platelet volume: a risk factor for increased intraoperative blood loss in degenerative lumbar surgery[J]. Neurol Res, 2026, 48(6): 699-707. doi: 10.1080/01616412.2025.2541292.

(编辑:刘　艺)