

术前高敏C反应蛋白与淋巴细胞比值预测退变性腰椎手术后手术部位感染的价值

李承思^{1,2,3} 邢欣^{1,2,3} 王忠正^{1,2,3} 王宇钊^{1,2,3} 程晓东^{1,2,3} 李栋正^{1,2,3} 陈伟^{1,2,3} 张英泽^{1,2,3} 张奇^{1,2,3}

【摘要】目的 探究术前高敏C反应蛋白与淋巴细胞比值(hs-CLR)与退变性腰椎手术后手术部位感染(SSI)的关系,并评估其作为系统性炎症标志物的实际预测能力。**方法** 回顾收集2020至2024年在本院进行择期腰椎手术的1338例退行性腰椎管狭窄或腰椎滑脱病患资料,包括基线信息、合并症、检验学结果及围术期变量。依据美国疾控中心标准诊断SSI,并随访至少12个月。以术前hs-CLR为连续自变量,在多因素Logistic回归模型的框架下构建限制性立方样条模型,评估hs-CLR与SSI的剂量-效应关系,并确定转折点。根据界值,将患者分成低hs-CLR组(<2.40)和高hs-CLR组(≥ 2.40);采用1:1倾向评分匹配调整术前基线差异,在未匹配队列和匹配队列中分别构建多因素条件Logistic回归模型,评估高hs-CLR与SSI的独立关系。**结果** 队列SSI发生率为3.6%(48/1338)。与未发生SSI的患者相比,SSI患者体重指数、红细胞沉降率、hs-CRP、空腹血糖和hs-CLR均明显更高($P < 0.05$)。限制性立方样条分析显示,术前hs-CLR同SSI风险直接有显著整体关联,且呈近似线性上升趋势。以2.40为分界,匹配前队列高hs-CLR组发生SSI风险较高,多变量调整比值比(aOR)为1.96(95% CI: 1.07, 3.61)。匹配后获得386对患者,高hs-CLR组风险进一步提升,aOR为3.53(95% CI: 1.37, 9.08)。ROC显示hs-CLR的曲线下面积达0.722。**结论** 术前hs-CLR增高与退变性腰椎手术后SSI风险密切相关,在调整传统因素和手术变量后,仍是独立预测因素。hs-CLR基于常规术前检查计算,便捷实用,有望用于腰椎手术患者行风险评估和个性化管理。

【关键词】 腰椎手术; 手术部位感染; 高敏C反应蛋白与淋巴细胞比值; 系统性炎症; 预测因素

The value of preoperative high-sensitivity c-reactive protein to lymphocyte ratio in predicting surgical site infection following degenerative lumbar spine surgery Li Chengsi^{1,2,3}, Xing Xin^{1,2,3}, Wang Zhongzheng^{1,2,3}, Wang Yuchuan^{1,2,3}, Cheng Xiaodong^{1,2,3}, Li Dongzheng^{1,2,3}, Chen Wei^{1,2,3}, Zhang Yingze^{1,2,3}, Zhang Qi^{1,2,3}. ¹Orthopedic Research Institution of Hebei Province; ²Key Laboratory of Biomechanics of Hebei Province; ³Department of Orthopaedic Surgery, the Third Hospital of Hebei Medical University, Shijiazhuang 050051, China

Corresponding author: Zhang Qi, Email: 18001666@hebm.u.edu.cn

【Abstract】 Objective To explore the link between preoperative high-sensitivity C-reactive protein to lymphocyte ratio (hs-CLR) and surgical site infection (SSI) following surgery for degenerative lumbar conditions, and to assess hs-CLR's potential as an inflammatory indicator for prediction. **Methods** We retrospectively gathered data from 1,338 patients who had elective lumbar surgery for degenerative lumbar spinal stenosis or spondylolisthesis from 2020 to 2024 at our facility. This included demographics, comorbidities, preoperative lab tests (such as high-sensitivity C-reactive protein [hs-CRP] and lymphocyte count), and perioperative details. SSI was identified using Centers for Disease Control and Prevention (CDC) guidelines, with follow-up lasting at least 12 months. Treating hs-CLR as a continuous factor, we built a restricted cubic spline model in multivariable logistic regression to map the dose-response between hs-CLR and SSI, identifying the turning point. Patients were grouped into low-hs-CLR (<2.40) and high-hs-CLR (≥ 2.40). We used 1:

1 propensity score matching (PSM) to even out preoperative baselines. Multivariable logistic models were set up for the unmatched group, and conditional ones for the matched, to check the standalone connection between high hs-CLR and SSI. **Results** SSI rate in the group was 3.6% (48/1, 338). Compared to those without SSI, SSI cases showed notably higher BMI, ESR, hs-CRP, FBG, and hs-CLR (all $P < 0.05$). Spline analysis revealed a clear overall tie between preoperative hs-CLR and SSI risk, with a nearly straight upward trend. Using 2.40 as cutoff, unmatched high-hs-CLR had higher SSI odds, with adjusted odds ratio (aOR) of 1.96 (95% *CI*: 1.07, 3.61). After PSM yielding 386 pairs, high-hs-CLR risk rose further, aOR 3.53 (95% *CI*: 1.37, 9.08). ROC showed hs-CLR AUC at 0.722, better than CALLY (0.689), CAR (0.678), and NLR (0.547). **Conclusions** Elevated preoperative hs-CLR links strongly to SSI risk post-degenerative lumbar surgery and stands as an independent predictor even after adjusting for standard risks and surgical elements. Calculated from routine preoperative labs, hs-CLR offers a simple tool for risk layering and tailored care in lumbar surgery patients.

【Key words】 Lumbar surgery; Surgical site infection; High-sensitivity C-reactive protein to lymphocyte ratio; Systemic inflammation; Predictive factors

老龄化进程加快, 脊柱退行性病变趋势逐年上升, 使得腰椎手术在当前骨科临床诊疗中的占比持续增加, 已成为骨科最常用的术式类别之一^[1-3]。手术部位感染(surgical site infection, SSI)是脊柱外科术后需重点警惕的并发症类型, 其不仅会延长患者住院周期、增加二次手术概率, 亦可导致内固定物失效, 显著提升残疾、死亡的风险, 也给医疗造成沉重经济压力^[4]。从已发布的海内外文章分析, 脊柱手术后 SSI 的发生率在几个百分点的区间内波动^[5, 6], 但不同术式、不同患者群体间的发生率差异较为明显。可见, 即便当前围术期感染预防的方案已相对规范, 针对性识别并干预 SSI 高风险群体, 仍是临床中亟待解决的问题。

目前, 研究已发现多种与脊柱术后 SSI 有关的风险因素, 例如年龄大、肥胖、糖尿病、营养不良、既往感染, 多节段融合、操作时间长、术中失血多等^[7-8]。这些因素本质上是机体慢性炎症状态的激活与免疫功能的失衡: 当机体处于这一状态时, 手术创伤后的局部组织防御力下降, 易发生细菌定植, 影响伤口正常愈合。然而, 此类危险因素, 不易在术前短期内改善, 并且仅以临床指标来判别, 无法覆盖机体“炎症-免疫”的整体状态。因此, 找寻易获取的临床指标外的评估, 于术前对患者的 SSI 风险进行有针对性的补充分层评估, 仍是当前脊柱外科领域尚需探索的关键问题。

最近, 易于从血液检测中获取的系统性炎症生物标志物, 为上述问题的解决提供了新的探索方向。C 反应蛋白(C-reactive protein, CRP)作为经典的急性炎症指标, 可有效反映机体炎症负荷水平; 淋巴细胞是身体获得性免疫应答的核心细胞, 数量减

少提示免疫功能受损^[9-12]。基于这些单一指标组合而成的复合炎症指标(如中性粒细胞/淋巴细胞比值[neutrophil-to-lymphocyte ratio, NLR]、C 反应蛋白与白蛋白比值[C-reactive protein-to-albumin ratio, CAR]等), 已在心血管疾病、恶性肿瘤、关节置换术后感染等领域, 展现出一定的预测价值^[13-15]。高敏 C 反应蛋白与淋巴细胞比值(high-sensitivity C-reactive protein to lymphocyte ratio, hs-CLR)则是将“炎症”与“免疫”整合为单一指标的尝试, 理论上更利于捕捉免疫功能出现隐性受损的亚临床阶段。但 hs-CLR 与脊柱术后 SSI 的关联, 目前未有系统的研究数据支持, 其在腰椎手术围术期风险评估中的价值, 也仍不明确。

基于上述背景, 我们选取退行性腰椎管狭窄症、退变性腰椎滑脱症的手术患者作为研究对象, 回顾性分析术前 hs-CLR 水平与术后 SSI 发生的关联。我们将通过限制性立方样条(restricted cubic spline, RCS)模型, 分析 hs-CLR 与 SSI 风险间是否存在剂量-效应关系; 同时采用倾向评分匹配(propensity score matching, PSM), 校正术前基线、围术期混杂的干扰, 重点解决两个问题: 一是术前 hs-CLR 水平与腰椎术后 SSI 风险的关联是否存在, 该关联是否呈现稳定的剂量-效应趋势; 二是在纳入协变量调整的情况下, hs-CLR 还能否是独立预测因子。

材料与方 法

一、一般情况

研究为单中心回顾性队列研究, 旨在探究术前 hs-CLR 水平与腰椎术后 SSI 风险的关联。依纳入排

除标准,从本院电子病历系统中,找出2020年6月至2024年6月期间接受择期腰椎手术的病例,并提取其围术期临床信息、术后随访记录。研究共纳入1 338例患者,其中男性971人,占队列总数72.6%;女性367人,占比27.4%。年龄中位数55.0岁,四分位间距在45.0至63.0岁范围(具体数据见表1)。纳入者术前主要诊断:退行性腰椎管狭窄症或退变性腰椎滑脱症,手术涉及的脊柱节段涵盖L₄₋₅、L₅~S₁,以及跨节段的L₄~S₁。

二、纳入与排除标准

纳入标准包括:(1)年龄≥18岁;(2)术前经临床症状、体征及影像学检查确诊为退变性腰椎管狭窄症或退变性腰椎滑脱;(3)接受初次手术治疗;(4)入院时术前实验室检查(血常规、生化及炎症指标)资料完整;(5)术后完成至少12个月随访。排除标准包括:(1)既往同节段腰椎手术史,或因肿瘤、结核、先天畸形等非退变性疾病接受手术者;(2)术前存在活动性全身或局部感染(如肺炎、泌尿系感染、皮肤软组织感染等);(3)合并自身免疫性疾病或长期应用糖皮质激素、免疫抑制剂治疗者;(4)因急诊创伤等原因行腰椎手术,或同期合并其他部位大手术;(5)关键临床、实验室或随访资料缺失,或随访中断者。

该研究已通过本院伦理委员会及全部患者的知情同意(伦理批准号:2021-057-2)。

三、实验室检测

所有入组患者均在入院后的首个清晨空腹从肘静脉采集静脉血标本。血液学指标包括白细胞计数(white blood cell, WBC)、中性粒细胞计数(neutrophil, NEU)及淋巴细胞计数(lymphocyte, LYM);生化及炎症指标包括血清白蛋白(albumin, ALB)、红细胞沉降率(erythrocyte sedimentation rate, ESR)、高敏C反应蛋白(high-sensitivity C-reactive protein, hs-CRP)及空腹血糖(fasting blood glucose, FBG)等。淋巴细胞计数等血液学指标使用DxH 800血液分析仪(Beckman Coulter, 美国)测量,该仪器采用库尔特原理和多角度激光散射技术,提供高精度的细胞计数;hs-CRP使用AU系列生化分析仪(Beckman Coulter, 美国)配合OSR6199试剂(Beckman Coulter, 美国),采用乳胶增强免疫比浊法测量。这些仪器均在本院中心实验室标准化操作,并严格遵守厂家操作规范和室内质量控制程序。

本研究以hs-CLR作为反映术前系统性炎症负荷的主要候选指标,其计算公式为:hs-CLR = hs-

CRP(mg/L)÷LYM(×10⁹/L)

四、手术与围术期处理

所有手术均由同一脊柱外科团队完成。对于退变性腰椎管狭窄或伴不稳定滑脱的患者,通常采用腰后路椎板减压、神经根松解、椎间盘切除及椎体间植骨融合联合椎弓根螺钉内固定术;对于以单节段椎间盘突出为主且节段稳定者,则多采用经皮椎间孔镜下髓核摘除术。术中根据麻醉科评估选择椎管内麻醉或全身麻醉,并常规放置负压引流管,术后24~48 h内视引流量及切口情况决定是否拔除。

研究对入组患者采用统一的围术期抗生素预防方案。参照世界卫生组织的相关规范,在手术切口前30 min静脉输注预防性抗生素:首选药物为第一代头孢菌素(如头孢唑林),替代用药可选用头孢呋辛、头孢曲松等;若患者近期大量饮酒,或存在β-内酰胺类药物过敏史,则改用克林霉素进行预防。常规情况下,手术后抗生素使用时长≤24 h;若手术操作耗时增加、术区污染,或患者合并其他感染高危因素,可根据实际情况酌情增加用药时间。术后,患者依据标准方案,接受干预措施(疼痛管理、深静脉血栓预防、术后功能康复训练)。

五、SSI诊断与随访

研究对SSI的诊断严格参照美国疾病控制与预防中心(CDC)的标准:浅表性SSI指术后30 d内发生、累及切口皮肤及皮下组织的感染,主要表现为切口局部红、肿、热、痛、流脓,病原菌培养结果(±);深层SSI发生于术后90 d内,累及筋膜、肌肉等深部软组织,典型表现有切口裂开、持续渗液、深部脓肿等,部分患者需再次清创、处理内植物或全身抗感染治疗。患者术后如出现上述症状,需本院主治医师与感染科医师共同评估,进行确诊。为不漏过院外发生的SSI,对纳入的所有患者开展≥12个月的随访。至研究结束,随访完成率73.8%,共474人失访,均已按照“纳入排除标准”排除出队列。术后并发症信息通过门诊复查和电话随访相结合收集。电话随访由2名医疗人员完成,采用提前拟定的随访问卷,核心内容包括:手术切口有无红、肿、热、痛等体征,是否因手术部位异常(尤其是怀疑感染时)就诊于院外医疗机构,是否接受抗感染治疗、清创手术或植入物处理,发生感染相关体征或者进行感染相关治疗的时间及地点。如患者于其他医疗机构因同一手术部位感染而就诊,要求其提供影像学及病原学检查结果。SSI的最终判定由两名独立的骨科主治医师在

未知hs-CLR结果的前提下完成,如存在分歧则由一名资深骨科主任医师裁决。

六、统计学分析

连续变量在进行Shapiro-Wilk检验后判断其分布特征。符合正态分布的变量以均值±标准差表示,两组比较采用独立样本 t 检验;非正态分布的变量以中位数[Q1, Q3]表示,组间比较采用Mann-Whitney U检验。分类变量以例数(n)及百分比(%)表示,组间比较采用 χ^2 检验,当理论频数 <5 时采用Fisher精确检验。

按照是否发生SSI将患者分为SSI组与非SSI组,进行单因素比较,筛选与SSI可能相关的候选变量($P<0.10$)。为直观评估hs-CLR与SSI之间的剂量-效应关系,在多变量Logistic回归框架下构建四节点RCS模型,将hs-CLR作为连续自变量,并对上述候选混杂因素进行调整,以检验hs-CLR与SSI风险的整体关联及线性或非线性趋势。根据RCS曲线的拐点及临床可解释性,将hs-CLR=2.40设定为参考值。

依据hs-CLR=2.40的截点,将患者划分为“低hs-CLR”(hs-CLR <2.40)与“高hs-CLR”(hs-CLR ≥ 2.40)两组。为降低组间术前基线特征差异对结果的影响,采用PSM建立1:1最近邻匹配队列,卡尺宽度设定为0.01。倾向评分模型中纳入年龄、性别、体重指数(body mass index, BMI)、居住地、饮酒及吸烟状态、查尔森合并症指数(CCI)以及各类慢性合并症(高血压、糖尿病、脑血管疾病、心脏病、慢性阻塞性肺疾病、肺炎、肿瘤、肝脏疾病、肾脏疾病、周围血管疾病及风湿性疾病)等变量,同时纳入术前WBC、NEU、ALB、ESR及FBG等实验室指标。匹配前后基线平衡程度以标准化均差(standardized mean difference, SMD)评价,绝对值 <0.10 视为平衡良好,并通过Love图展示。

在未匹配人群中,以SSI发生为因变量、以“高hs-CLR组”(vs.“低hs-CLR组”)为主要自变量,纳入手术部位、手术类型、麻醉方式、手术时间围术期协变量,构建多变量Logistic回归模型,计算调整后比值比(adjusted odds ratio, aOR)及95%置信区间(confidence interval, CI)。在PSM后的匹配队列中,采用多变量条件Logistic回归模型进一步评估高hs-CLR与SSI的独立关联。

评估hs-CLR与其他系统性炎症标志物的预测效能,研究在PSM匹配后的队列,计算中性粒细胞

与淋巴细胞比值(NLR)、C反应蛋白与白蛋白比值(CAR),以及CRP-白蛋白-淋巴细胞指数(CALLY)三项指标。各指标的计算方式为:NLR=中性粒细胞计数($\times 10^9/L$) \div 淋巴细胞计数($\times 10^9/L$);CAR=超敏C反应蛋白(mg/L) \div 白蛋白(g/L);CALLY=[白蛋白(g/L) \times 淋巴细胞计数($\times 10^9/L$)] \div 超敏C反应蛋白(mg/L)。之后,通过受试者工作特征曲线(ROC)分析这些指标对SSI的预测价值,并计算曲线下面积(AUC),来进行各项指标间的直接对比。

为验证hs-CLR界值的稳定性,我们进行了敏感性分析:在未匹配队列中,按hs-CLR的三分位数(<1.50 、 $1.50-3.00$ 、 >3.00)和四分位数(<1.20 、 $1.20-2.00$ 、 $2.00-3.50$ 、 >3.50)分组,计算各组SSI风险的调整OR,并检验趋势 P 值。此外,使用ROC曲线的Youden指数确定最优截点(约为2.35),并以此重新分类患者,重复多变量Logistic回归分析。

我们进行了模型验证以评估模型过拟合风险:一,仅纳入hs-CLR分组与围术期关键协变量(即手术部位、手术类型、麻醉方式);二,采用Firth修正的Logistic回归方法,以校正小样本数据偏倚。所有统计分析均使用R统计软件(R Foundation for Statistical Computing, 版本4.3.2, Vienna, Austria)完成,双侧 $P<0.05$ 认为差异具有统计学意义。

结 果

一、单因素分析

本研究共纳入1338例接受腰椎手术的患者,其中48例发生SSI,总体发生率为3.6%。将患者按是否发生SSI分为非SSI组($n=1290$)和SSI组($n=48$),两组围术期特征比较结果见表1。

与非SSI组相比,SSI组患者的体重指数较高(中位数分别为 25.39 kg/m^2 [23.19, 27.54]和 27.23 kg/m^2 [24.35, 28.23], $P=0.026$),术前ESR、hs-CRP及FBG水平均显著升高(ESR: $P=0.036$;hs-CRP: $P=0.008$;FBG: $P=0.031$)。术前hs-CLR在两组之间差异最为明显,非SSI组与SSI组的hs-CLR中位数分别为2.33 [1.25, 3.82]和3.11 [2.15, 5.04] ($P=0.004$)。年龄、性别、居住地、CCI及各类慢性合并症、手术部位、手术类型、术后抗生素使用天数等变量在两组间差异均无统计学意义($P>0.05$)。

二、多因素分析

(一)hs-CLR与SSI风险的剂量-反应关系

表1 研究人群的基线特征

变量	总人数(n=1338)	非SSI组(n=1290)	SSI组(n=48)	P值
年龄(岁)	55.00[45.00 - 63.00]	55.00[45.00 - 63.00]	54.50[46.50 - 62.25]	0.937
性别[例(%)]				0.170
男	971 (72.6)	932 (72.2)	39 (81.2%)	
女	367 (27.4)	358 (27.8)	9 (18.8%)	
BMI(Kg/m ²)	25.45[23.21 - 27.57]	25.3[23.19 - 27.54]	27.23[24.35 - 28.23]	0.026
居住地[例(%)]				0.783
城市	952 (71.2)	917 (71.1)	35 (72.9%)	
农村	386 (28.8)	373 (28.9)	13 (27.1%)	
饮酒史[例(%)]	895 (66.9)	858 (66.5)	37 (77.1%)	0.126
吸烟史[例(%)]	464 (34.7)	442 (34.3)	22 (45.8%)	0.098
CCI	1.00[0.00 - 2.00]	1.00[0.00 - 2.00]	1.00[0.00 - 2.00]	0.316
0	370 (27.7)	355 (27.5)	15 (31.2%)	0.851
1~2	674 (50.4)	651 (50.5)	23 (47.9%)	
≥3	294 (22.0)	284 (22.0)	10 (20.8%)	
高血压[例(%)]	354 (26.5)	340 (26.4)	14 (29.2%)	0.665
糖尿病[例(%)]	116 (8.7)	108 (8.4)	8 (16.7%)	0.061
脑血管疾病[例(%)]	71 (5.3)	68 (5.3)	3 (6.2%)	0.738
心脏病[例(%)]	98 (7.3)	94 (7.3)	4 (8.3%)	0.775
慢性阻塞性肺病[例(%)]	7 (0.5)	7 (0.5)	0(0.0%)	1.000
肺炎[例(%)]	6 (0.4)	6 (0.5)	0(0.0%)	1.000
肿瘤[例(%)]	19 (1.4)	18 (1.4)	1 (2.1%)	0.503
肝脏疾病	49 (3.7)	48 (3.7)	1 (2.1%)	1.000
肾脏疾病[例(%)]	51 (3.8)	47 (3.6)	4 (8.3%)	0.106
周围血管疾病[例(%)]	19 (1.4)	19 (1.5)	0(0.0%)	1.000
风湿性疾病[例(%)]	53 (4.0)	52 (4.0)	1 (2.1%)	1.000
病因[例(%)]				0.164
退变性腰椎管狭窄症	1 006 (75.2)	974 (75.5)	32 (66.7%)	
退变性腰椎滑脱	332 (24.8)	316 (24.5)	16 (33.3%)	
手术部位[例(%)]				0.084
L ₄₋₅	458 (34.2)	443 (34.3)	15 (31.2%)	
L ₅ ~S ₁	670 (50.1)	650 (50.4)	20 (41.7%)	
L ₄ ~S ₁	210 (15.7)	197 (15.3)	13 (27.1%)	
手术类型[例(%)]				0.625
腰后路椎板减压植骨融合内固定术	1 095 (81.8)	1 057 (81.9)	38 (79.2%)	
经皮椎间孔镜下髓核摘除术	243 (18.2)	233 (18.1)	10 (20.8%)	
手术时间(min)	160.00 [135.00 - 195.00]	160.00 [135.00 - 195.00]	167.50 [135.00 - 210.00]	0.530
ASA[例(%)]				0.100
I-II	1 041 (77.8)	999 (77.4)	42 (87.5%)	
≥III	297 (22.2)	291 (22.6)	6 (12.5%)	
麻醉方式[例(%)]				0.005
椎管内麻醉	61 (4.6)	54 (4.2)	7 (14.6%)	
全身麻醉	1277 (95.4)	1236 (95.8)	41 (85.4%)	
围术期抗生素应用种类[例(%)]				0.171
一代头孢	1133 (84.7)	1089 (84.4)	44 (91.7%)	
其他	205 (15.3)	201 (15.6)	4 (8.3%)	
术后抗生素应用天数(d)	1.00[1.00 - 2.00]	1.00[1.00 - 2.00]	1.00[1.00 - 2.00]	1.000
WBC(*10 ⁹ /L)	8.30[6.64 - 10.45]	8.30[6.64 - 10.45]	8.38[6.68 - 10.49]	0.688
NEU(*10 ⁹ /L)	4.83[3.39 - 6.90]	4.83[3.38 - 6.87]	5.02[3.56 - 7.92]	0.177
LYM(*10 ⁹ /L)	2.38[1.60 - 3.16]	2.38[1.60 - 3.16]	2.23[1.50 - 3.10]	0.364
ALB(g/L)	35.87[32.95 - 39.17]	35.87[33.00 - 39.17]	35.58[31.63 - 39.25]	0.773
ESR(mm/h)	20.84[10.63 - 30.24]	20.61[10.30 - 30.16]	22.92[15.44 - 33.63]	0.036
hs-CRP(mg/L)	5.44[3.02 - 7.97]	5.41[2.98 - 7.95]	6.96[4.74 - 8.46]	0.008
FBG(mmol/L)	5.81[4.81 - 6.64]	5.80[4.80 - 6.62]	6.10[5.25 - 7.22]	0.031
hs-CLR	2.36[1.29 - 3.85]	2.33[1.25 - 3.82]	3.11[2.15 - 5.04]	0.004

注: SSI, 手术部位感染; BMI, 体重指数; ASA, 美国麻醉医师协会分级; CCI, 查尔森合并症指数; WBC, 白细胞; NEU, 中性粒细胞; LYM, 淋巴细胞; ALB, 白蛋白; ESR, 红细胞沉降率; hs-CRP, 高敏C反应蛋白; FBG, 空腹血糖; hs-CLR, 高敏C反应蛋白与淋巴细胞比值

在将hs-CLR作为连续自变量并调整年龄、性别、BMI、吸烟和饮酒状态、CCI及重要合并症等混杂因素后,RCS模型显示术前hs-CLR与SSI发生风险之间存在显著整体关联(P 整体=0.049),而非线性检验结果不显著(P 非线性=0.137),提示hs-CLR与SSI风险之间近似呈线性正相关(图1)。以hs-CLR=2.40作为参考点,随着hs-CLR水平的升高,SSI的调整后比值比逐渐增加,在高hs-CLR区间风险上升更为明显。

(二)“低hs-CLR”与“高hs-CLR”组术前基线平衡与PSM效果

根据RCS曲线形态与临床可解释性,将hs-CLR<2.40定义为“低hs-CLR”组($n=677$),hs-CLR \geq 2.40定义为“高hs-CLR”组($n=661$)。PSM前,两组在年龄、性别、BMI、居住地、CCI及大多数合并症方面分布大体相似,但高hs-CLR组的饮酒史比例略高,而术前WBC水平反而略低,提示术前炎症与免疫状态存在一定差异(表2)。

采用1:1最近邻匹配并纳入人口学特征、CCI及各类慢性合并症、术前实验室指标等变量后,共获得386对成功匹配的病例。匹配后两组在所有纳入变量上的SMD绝对值均<0.10,提示“低hs-CLR”与

“高hs-CLR”组在术前基线特征方面已达到良好平衡,Love图亦显示各协变量的失衡程度明显改善(表2,图2)。在PSM匹配队列中,我们进一步比较了hs-CLR与其他系统性炎症标志物(NLR、CAR和CALLY)的预测性能。ROC曲线分析显示,hs-CLR的AUC为0.722,高于CALLY(AUC=0.689)、CAR(AUC=0.678)和NLR(AUC=0.547),提示hs-CLR在预测退变性腰椎手术后SSI方面的判别能力优于这些指标(图3)。

(三)高hs-CLR与SSI风险的独立关联

在未匹配的全队列中,以SSI发生为因变量构建多变量Logistic回归模型,结果显示:在同时调整手术部位、手术类型、麻醉方式、手术时间、围术期抗生素种类及术后抗生素使用天数等因素后,与低hs-CLR组相比,高hs-CLR组术后发生SSI的风险显著增加($aOR=1.96$,95%CI:1.07-3.61, $P=0.030$)。在同一模型中, L_4-S_1 多节段手术相较于 L_4-S_5 单节段手术SSI风险升高($aOR=2.33$,95%CI:1.13,4.81, $P=0.023$),而全身麻醉较椎管内麻醉与更低的SSI发生风险相关($aOR=0.16$,95%CI:0.05,0.48, $P=0.001$)(表3)。

PSM匹配后队列,用多变量条件Logistic回归分析,结果表明高hs-CLR水平与SSI的关联更显

图1 术前hs-CLR分布及其与腰椎手术后SSI风险的限制性立方样条分析结果。实线表示调整后手术部位感染的比值比(odds ratio,OR),灰色阴影为95%置信区间,虚线垂线为参考点hs-CLR=2.40(OR=1.00)。整体关联检验P-整体=0.049,非线性检验P-非线性=0.137,提示术前hs-CLR与SSI风险之间呈近似线性正相关

中華醫學會

表2 低hs-CLR与高hs-CLR亚组术前基线特征比较

变量	PSM前		P值	SMD	PSM后		P值	SMD
	低hs-CLR 677	高hs-CLR 661			低hs-CLR 386	高hs-CLR 386		
年龄(岁)	52.64±13.82	53.20±13.54	0.458	0.041	52.70±13.80	52.95±13.68	0.800	0.018
性别[例(%)]			0.556	0.036			0.516	0.053
男	486 (71.8)	485 (73.4)			278 (72.0)	287 (74.4)		
女	191 (28.2)	176 (26.6)			108 (28.0)	99 (25.6)		
BMI(Kg/m ²)	25.39±3.31	25.43±3.20	0.820	0.012	25.50±3.39	25.41±3.26	0.723	0.026
居住地[例(%)]			0.646	0.028			1.000	<0.001
城市	486 (71.8)	466 (70.5)			270 (69.9)	270 (69.9)		
农村	191 (28.2)	195 (29.5)			116 (30.1)	116 (30.1)		
饮酒史[例(%)]	433 (64.0)	462 (69.9)	0.025	0.126	255 (66.1)	254 (65.8)	1.000	0.005
吸烟史[例(%)]	228 (33.7)	236 (35.7)	0.471	0.043	142 (36.8)	137 (35.5)	0.764	0.027
CCI[例(%)]			0.841	0.032			0.818	0.046
0	191 (28.2)	179 (27.1)			95 (24.6)	102 (26.4)		
1-2	341 (50.4)	333 (50.4)			201 (52.1)	199 (51.6)		
≥3	145 (21.4)	149 (22.5)			90 (23.3)	85 (22.0)		
高血压[例(%)]	180 (26.6)	174 (26.3)	0.962	0.006	104 (26.9)	94 (24.4)	0.458	0.059
糖尿病[例(%)]	61 (9.0)	55 (8.3)	0.726	0.025	37 (9.6)	34 (8.8)	0.803	0.027
脑血管疾病[例(%)]	34 (5.0)	37 (5.6)	0.728	0.026	19 (4.9)	17 (4.4)	0.864	0.025
心脏病[例(%)]	44 (6.5)	54 (8.2)	0.286	0.064	32 (8.3)	29 (7.5)	0.790	0.029
慢性阻塞性肺病[例(%)]	2 (0.3)	5 (0.8)	0.430	0.064	2 (0.5)	2 (0.5)	1.000	<0.001
肺炎[例(%)]	2 (0.3)	4 (0.6)	0.661	0.046	2 (0.5)	4 (1.0)	0.682	0.059
肿瘤[例(%)]	7 (1.0)	12 (1.8)	0.329	0.066	5 (1.3)	7 (1.8)	0.771	0.042
肝脏疾病[例(%)]	28 (4.1)	21 (3.2)	0.431	0.051	12 (3.1)	12 (3.1)	1.000	<0.001
肾脏疾病[例(%)]	28 (4.1)	23 (3.5)	0.628	0.034	16 (4.1)	14 (3.6)	0.852	0.027
周围血管疾病[例(%)]	12 (1.8)	7 (1.1)	0.383	0.060	6 (1.6)	5 (1.3)	1.000	0.022
风湿性疾病[例(%)]	24 (3.5)	29 (4.4)	0.516	0.043	16 (4.1)	13 (3.4)	0.705	0.041
病因[例(%)]			0.145	0.083			0.508	0.054
退变性腰椎管狭窄症	497 (73.4)	509 (77.0)			293 (75.9)	284 (73.6)		
退变性腰椎滑脱	180 (26.6)	152 (23.0)			93 (24.1)	102 (26.4)		
ASA[例(%)]			0.976	0.005			1.000	<0.001
I-II	526 (77.7)	515 (77.9)			301 (78.0)	301 (78.0)		
≥III	151 (22.3)	146 (22.1)			85 (22.0)	85 (22.0)		
WBC(*10 ⁹ /L)	8.95±2.48	8.24±2.47	<0.001	0.288	8.42±2.42	8.51±2.39	0.580	0.040
NEU(*10 ⁹ /L)	5.22±2.23	5.27±2.28	0.662	0.024	5.08±2.16	5.19±2.29	0.511	0.047
ALB(g/L)	36.01±4.99	36.27±4.82	0.317	0.055	36.18±4.95	36.04±4.78	0.698	0.028
ESR(mm/h)	20.70±11.36	20.64±11.61	0.929	0.005	20.65±11.36	21.22±12.11	0.499	0.049
FBG(mmol/L)	5.75±1.26	5.83±1.36	0.293	0.058	5.77±1.24	5.83±1.40	0.484	0.050

注:PSM,倾向性评分匹配;SMD,标准化均差;BMI,体重指数;CCI,Charlson合并症指数;ASA,美国麻醉医师协会;WBC,白细胞;NEU,中性粒细胞;LYM,淋巴细胞;ALB,白蛋白;ESR,红细胞沉降率;hs-CRP,高敏C反应蛋白;FBG,空腹血糖

著:相较于低hs-CLR组,高hs-CLR组患者术后SSI的风险提升约3.5倍($aOR=3.53, 95\% CI: 1.37, 9.08,$

$P=0.009$)。手术部位、麻醉方式对SSI风险的影响趋势与PSM前大致相同,但受样本量缩减、事件数

图2 低hs-CLR组与高hs-CLR组患者在倾向评分匹配(PSM)前后各基线变量的标准化均差(Love图)。SMD:标准化均差;ESR:红细胞沉降率;ASA:美国麻醉医师协会分级;CCI:查尔森合并症指数;ALB:白蛋白;FBG:空腹血糖;NEU:中性粒细胞;WBC:白细胞 图3 PSM匹配后系统性炎症标志物的ROC曲线比较。实线表示各指标的ROC曲线。hs-CLR:高敏C反应蛋白与淋巴细胞比值;CALLY:CRP-白蛋白-淋巴细胞指数;CAR:C反应蛋白与白蛋白比值;NLR:中性粒细胞与淋巴细胞比值

不足的影响,部分协变量的统计显著性有所降低(具体数据见表3)。

敏感性分析显示,按hs-CLR三分位数分组,未匹配队列中中位组 $aOR=1.4$ (95% $CI: 0.7, 2.8$),高位组 $aOR=2.8$ (95% $CI: 1.4, 5.5$), P 趋势=0.01;四分位数分组类似,高位组 $aOR=3.2$ (95% $CI: 1.6 - 6.4$), P 趋势=0.008。与原2.40界值分析一致。以ROC最

佳截点(2.35)重新分类,未匹配 $aOR=2.1$ (95% $CI:$

1.1, 3.9),匹配后 $aOR=3.7$ (95% $CI: 1.4, 9.5$) (表4)。稳健性分析中,精简模型的未匹配 $aOR=2.0$ (95% $CI: 1.1, 3.8$),匹配后 $aOR=3.7$ (95% $CI: 1.4, 9.5$); Firth修正Logistic结果相似,未匹配 $aOR=2.0$ (95% $CI: 1.1, 3.8$),匹配后 $aOR=3.7$ (95% $CI: 1.4, 9.5$) (表5)。

整合RCS、PSM、多因素回归及敏感性稳健性分析的结果可知:术前hs-CLR水平不仅与SSI风险

表3 PSM前后高hs-CLR指数与术后SSI风险的关系

变量	PSM前		PSM后	
	aOR (95% CI)	P值	aOR (95% CI)	P值
高hs-CLR	1.96 (1.07, 3.61)	0.030	3.53 (1.37, 9.08)	0.009
手术部位				
L ₄₋₅	Ref		Ref	
L ₅ -S ₁	1.04 (0.52, 2.07)	0.910	1.52 (0.59, 3.91)	0.384
L ₄ -S ₁	2.33 (1.13, 4.81)	0.023	2.29 (0.78, 6.72)	0.130
手术类型				
腰后路椎板减压植骨融合内固定术	Ref		Ref	
经皮椎间孔镜下髓核摘除术	0.73 (0.29, 1.85)	0.506	0.77 (0.21, 2.85)	0.694
麻醉方式				
椎管内麻醉	Ref		Ref	
全身麻醉	0.16 (0.05, 0.48)	0.001	0.15 (0.04, 0.67)	0.013
手术时间(min)	1.00 (1.00, 1.01)	0.333	1.00 (1.00, 1.01)	0.322

注:PSM:倾向评分匹配;hs-CLR:高敏C反应蛋白与淋巴细胞比值;SSI:手术部位感染;aOR,调整后比值比;CI:置信区间。

表4 hs-CLR 界值的敏感性分析

分组方式	组别	未匹配 aOR(95% CI)	匹配后 aOR(95% CI)	P趋势
三分位数	<1.50 (参考)	1.00	1.00	0.010
	1.50 - 3.00	1.4 (0.7, 2.8)	1.5 (0.6, 3.8)	
	>3.00	2.8 (1.4, 5.5)	3.2 (1.2, 8.3)	
四分位数	<1.20 (参考)	1.00	1.00	0.008
	1.20 - 2.00	1.3 (0.6, 2.7)	1.4 (0.5, 3.7)	
	2.00 - 3.50	2.1 (1.0, 4.2)	2.4 (0.9, 6.3)	
	>3.50	3.2 (1.6, 6.4)	3.7 (1.4, 9.6)	
ROC最优截点 (2.35)	<2.35 (参考)	1.00	1.00	-
	≥2.35	2.1 (1.1, 3.9)	3.7 (1.4, 9.5)	

表5 结局模型的稳健性分析

分析类型	未匹配 aOR(95% CI)	匹配后 aOR(95% CI)
原模型	1.96(1.07, 3.61)	3.53(1.37, 9.08)
精简模型	2.0(1.1, 3.8)	3.7(1.4, 9.5)
Firth修正	2.0(1.1, 3.8)	3.7(1.4, 9.5)

呈近似线性的连续正相关,且以2.40为界值进行分层后,高hs-CLR依旧是腰椎术后SSI的稳定独立危险因素,这意味着该指标在术前风险分层与个体化围术期管理中具备潜在的应用意义。

讨 论

一、主要研究结果及SSI发生率的临床意义

研究纳入了1338例因退行性腰椎管狭窄或滑脱接受择期手术的患者,依据CDC标准完成随访与SSI诊断后,该队列的SSI总体发生率为3.6%(48/1338)。这一数据与已报道的脊柱手术SSI相关研究结论相近:现有报道,脊柱术后SSI发生率介于0.2%至16.1%之间,这一差异主要与手术节段选择、内固定植入情况、手术时长及患者基础病负荷等因素有关^[16-18]。即便主要纳入退行性腰椎疾病,且术式操作规范统一,SSI仍是需重点关注的术后并发症。对术后发生SSI与未发生SSI者的术前基线对比后发现:SSI组BMI水平偏高,合并糖尿病的比例也略高;该组术前的hs-CRP、空腹血糖(FBG)及hs-CLR水平均明显高于未发生组。SSI组的hs-CLR中位数为3.11,未发生组为2.33,两组间的差异有统计学意义($P=0.004$)。结果表明,术前机体存在的全身性炎症状态与代谢异常,可能是腰椎术后发生SSI的关键诱因。

二、术前hs-CLR与腰椎术后SSI的关系及其可

能机制

hs-CLR的核心优势在于能同时覆盖炎症与免疫两个维度,从单指标来看,hs-CRP作为经典急性期反应蛋白,其水平升高反应机体全身炎症激活或应激状态;淋巴细胞是获得性免疫应答的核心细胞,计数低提示免疫功能受损。hs-CLR将这两指标结合,实现了“炎症负荷-免疫状态”的一体化评估。从机制层面推测,术前hs-CRP升高对应慢性低度炎症,可通过激活NF- κ B信号通路,促使TNF- α 、IL-6等促炎因子释放,放大创伤诱发的炎症、局部级联反应。而淋巴细胞计数减少引发的免疫麻痹,明显减弱人体对病原体的获得性免疫清除力与巨噬细胞活化效率,使条件致病菌更易发展为显性SSI。这一机制与现有研究契合:术后淋巴细胞占比下降与脊柱内固定术后SSI独立相关,术后第3天的淋巴细胞占比是SSI的有效预测指标^[11];另外,系统评价显示,NLR预测脊柱手术SSI的最佳截断值多在3.2-4.9之间,联合CRP或BMI可进一步提升预测精度^[17],这些证据均印证“炎症-免疫失衡”是SSI发生的核心驱动因素。

与其他系统性炎症标志物相比,hs-CLR的优势在于能同时评估炎症与免疫状态,避免单一指标的局限。我们对比发现,hs-CLR预测SSI的AUC高于NLR、CAR及CALLY指数,说明其更适用于脊柱手术SSI风险评估。这一结果与关节置换领域的研究结论不谋而合:Shi等^[19]在假体周围关节感染(PJI)的诊断研究中指出,CLR的诊断效能出色($AUC=0.935$),明显优于单独检测CRP或ESR。此外,虽已有研究探究了CALLY指数、系统免疫炎症指数(SII)、中性粒细胞 \times 血小板/淋巴细胞比值(AISI)等指标对腰椎后路融合术后SSI的预测价值^[20],但脊柱外科领域目前仍缺少针对hs-CLR的专门研究。本研究在退行性腰椎手术患者中,证实了术前hs-

CLR 与 SSI 的独立关联,证明其有望成为继 NLR、CAR 之后,又一易获取、且具有临床应用潜力的系统性炎症标志物,不过仍需多中心前瞻性研究进一步验证其额外价值。

研究另一个值得注意的点:研究纳入人群的术前 hs-CLR 整体未出现明显升高,多数患者 hs-CLR 中位数维持在 5~7 mg/L,处于传统临床界定的“正常或轻度升高”。若只是将 CRP 绝对值作为高危筛查标准,这类处于隐匿性慢性炎症状态的患者很容易被漏诊;而 hs-CLR 借助“炎症-免疫”整合评估视角,对此类亚临床风险人群的识别灵敏度更高。这一特点具备重要的临床价值:既往研究说明,只是靠术后 CRP 的动态变化来早期识别脊柱术后 SSI,其灵敏度与特异性都不足^[21-22],而术前用 hs-CLR 进行风险分层,能与术后炎症指标动态监测形成互补,从而构建“术前风险预警-术后精准监测”的全周期评估体系。

三、其他全身炎症与代谢相关因素对 SSI 的影响

研究对未匹配的全队列数据展开分析后发现:SSI 发生组患者的 BMI 明显高于非 SSI 组,两组数值分别为 27.23 kg/m² 与 25.39 kg/m²,组间差异 ($P=0.026$);糖尿病患病率方面,SSI 组 (16.7%) 高于非 SSI 组 (8.4%),虽未达到统计学显著水平,但升高趋势清晰 ($P=0.061$)。术前实验室指标的比对结果显示,SSI 组的 ESR、hs-CRP 及 FBG 水平均显著高于非 SSI 组,所有指标的 P 值均小于 0.05。结果与脊柱外科领域已有的研究结论高度契合:多项 meta 分析与大样本队列研究证实,肥胖、糖尿病、术前高血糖是脊柱术后 SSI 的核心危险因素;当患者 BMI 超过 30~35 kg/m²、手术时长超 3 h、采用后路手术入路或涉及多节段融合时,SSI 的发生风险明显上升^[7,8,16]。肥胖人群伴随慢性低度炎症与免疫功能损伤,而糖尿病、高血糖会通过影响白细胞功能、抑制成纤维细胞增殖等途径,延缓伤口愈合进程并增加感染风险。在研究的多变量分析及 PSM 校正后的模型中,BMI、糖尿病、ESR、hs-CRP、FBG 等传统危险因素并不是独立预测因子,而 hs-CLR 仍保持着稳定的统计学显著性。这一结果,一方面或许是因为本研究样本中 SSI 事件数量较少、统计效能有限;另一方面也说明,相较于单独炎症或代谢指标,借助 hs-CLR 这类复合指数,更能精准捕捉指标间的协同作用。例如,肥胖、糖尿病患者常同时出现 CRP 升高与淋巴细胞减少,这两类变化共同推动了 hs-CLR 的上升;而部分看似“体重正常、无糖尿病”的患者,其体内也

可藏着慢性炎症与免疫老化问题,此类高危状态同样可以通过 hs-CLR 被识别出来。

四、手术相关因素与 SSI 风险的关系及临床启示

本研究中,大部分患者接受腰后路椎板减压植骨融合内固定术 (81.8%),少数患者接受经皮椎间孔镜下髓核摘除术,两种手术方式之间 SSI 发生率差异并不显著;手术时间在 SSI 组略长但差异无统计学意义。这一结果与部分文献相符,即在统一的预防性抗生素策略和规范化操作下,单纯以“手术时间略长”或“是否采用融合术”并不足以解释 SSI 差异,而患者自身全身状态和术野软组织条件等因素同样重要^[18]。

在手术部位方面,匹配前队列显示,与单节段 L_{4,5} 手术相比,累及 L₄~S₁ 多节段的手术与 SSI 风险显著相关 ($aOR=2.33, 95\% CI: 1.13, 4.81$),PSM 后这一关联减弱但也呈上升趋势。以前研究也表明,融合节段数越多,手术创伤范围越大,术中失血、手术时间延长,SSI 风险亦随之增加^[6,16]。对于 L₄~S₁ 需多节段减压及融合的患者,更有必要在术前进行风险评估,包括控制体重和血糖、纠正营养不良和贫血、必要时考虑缩小融合范围或采用微创技术以减少软组织破坏。

有意思的是,在多变量分析中,我们观察到,相较于椎管内麻醉,全身麻醉与更低的 SSI 风险相关 (PSM 前 $aOR=0.16$,PSM 后 $aOR=0.15$)。既往研究多认为麻醉方式对 SSI 的直接影响有限,更主要的差异来自患者基线风险及手术复杂程度。考虑到本研究中椎管内麻醉患者比例较低,且往往是无法耐受长时间全身麻醉或俯卧位的高危患者,因此该亚结果更可能反映选择偏倚,而非麻醉方式本身对感染风险的真实保护作用。出于审慎考虑,我们认为这一发现目前仍属探索性结果,尚不足以据此改变麻醉策略,但提示骨科医师在选择椎管内麻醉时应更加关注患者的综合风险,并加强术后伤口管理和随访。

值得强调的是,在纳入手术部位、手术类型、麻醉方式、术中及术后抗生素应用等围术期变量后,高 hs-CLR 与 SSI 的独立关联仍然存在。这说明,即便在接受标准化围术期管理的前提下,术前系统性炎症-免疫状态的“不良基线”仍会显著放大 SSI 风险。因此,针对高 hs-CLR 患者,仅仅依靠延长术后抗生素使用天数可能难以完全抵消这部分风险,更合理的策略应是从术前即开始防控,综合干预多种可修正的危险因素。

五、本研究的局限性与展望

研究存在以下局限性。首先,作为单中心回顾性队列研究,虽已通过PSM和协变量校正控制已知混杂因素,仍难完全避免选择偏倚、信息偏倚和回忆偏倚,尤其在椎管内麻醉等样本量较小的亚组中更加显著,主结果需在大样本、多中心研究中进一步验证。此外,采用PSM亦无法消除未观测混杂(如遗传因素或未记录的围术期细节),也可能导致残余偏差。其次,研究对象主要是退行性腰椎管狭窄和退变性腰椎滑脱病患,术式以腰后路减压融合及内固定为主,研究结论也主要适用于此类人群,对颈椎、胸椎手术以及复杂畸形矫形手术的外推仍需谨慎。第三,出于数据收集有限,我们仅分析了术前一次性测量的hs-CLR,未纳入术后各时间点的动态变化。未来可在此基础上,测量hs-CLR的术后动态变化,构建时序化风险预测模型,来提高SSI的早期预警能力。第四,虽然本研究已通过ROC曲线分析比较了hs-CLR与NLR、CAR和CALLY等指标的预测性,但受限于回顾性,没进一步计算净再分类改善和整合判别改善等指标,未能充分量化hs-CLR相比这些已报道标志物的增量价值。虽EPV约为5:1且敏感性分析结果一致,事件数有限亦可能引入轻度拟合风险。未来可在前瞻性队列中同时评估多种炎症指数,利用机器学习或惩罚回归等方法建立综合预测模型,并纳入完整模型校准,以期更高的判别度和临床适用性。最后,本研究尚缺乏外部验证队列,hs-CLR的最佳截断值(2.40)是否适用于其他地区、其他人群及不同手术类型仍有待验证。考虑到不同实验室的检测仪器和试剂也可能引入变异性,可能影响hs-CLR界值的普适性,未来需在多中心环境下对hs-CLR进行标准化和校准,并通过内部验证和外部队列评估其普适性,亦需探索将hs-CLR纳入临床风险评分或决策路径(如优化抗生素策略、加强营养和血糖管理等)对SSI发生率及预后是否具有实际改善作用。

综上所述,本研究表明术前hs-CLR增高与腰椎术后SSI风险显著相关,并在控制传统危险因素及手术相关因素后仍是独立预测因子。hs-CLR来源于常规实验室检测,获取便捷且成本低廉,有望成为脊柱外科手术前风险分层和个体化围术期管理的重要补充工具。未来需在多中心前瞻性研究和综合预测模型中进一步验证和拓展这一发现。

参 考 文 献

- 1 Fehlings M G, Tetreault L, Nater A, et al. The aging of the global population: the changing epidemiology of disease and spinal disorders [J]. *Neurosurgery*, 2015, 77(Suppl 4): S1-S5.
- 2 Parenteau C S, Lau E C, Campbell I C, Courtney A. Prevalence of spine degeneration diagnosis by type, age, gender, and obesity using Medicare data [J]. *Sci Rep*, 2021, 11(1): 5389.
- 3 Jensen R K, Jensen T S, Koes B, Hartvigsen J. Prevalence of lumbar spinal stenosis in general and clinical populations: a systematic review and meta-analysis [J]. *Eur Spine J*, 2020, 29(9): 2143-63.
- 4 Lupo B D, Jameson W P, Quinones C J, Malek A E, Kumbhare D, Guthikonda B, et al. Risk factors and outcomes of surgical site infections of the spine: a retrospective multi-center analysis [J]. *J Clin Med*, 2025, 14(10): 3520.
- 5 Zuo Q, Zhao K, Dong B, Zhou Y, Wang X, Maimaiti A, et al. Analysis of risk factors for surgical site infection in spinal surgery patients and study of direct economic losses [J]. *BMC Musculoskelet Disord*, 2024, 25(1): 1096.
- 6 Dubory A, Giorgi H, Walter A, Bouyer B, Vassal M, Zairi F, et al. Surgical-site infection in spinal injury: incidence and risk factors in a prospective cohort of 518 patients [J]. *Eur Spine J*, 2014, 24(3): 543-54.
- 7 Peng X-Q, Sun C-G, Fei Z-G, Zhou Q-J. Risk factors for surgical site infection after spinal surgery: a systematic review and meta-analysis based on twenty-seven studies [J]. *World Neurosurg*, 2018, 123: e318-e329.
- 8 Zhang L, Li E-N. Risk factors for surgical site infection following lumbar spinal surgery: a meta-analysis [J]. *Ther Clin Risk Manag*, 2018, 14: 2161-69.
- 9 Iwata E, Shigematsu H, Koizumi M, Nakajima H, Okuda A, Morimoto Y, et al. Lymphopenia and elevated blood C-reactive protein levels at four days postoperatively are useful markers for early detection of surgical site infection following posterior lumbar instrumentation surgery [J]. *Asian Spine J*, 2016, 10(2): 220-25.
- 10 Inose H, Kobayashi Y, Yuasa M, Hirai T, Yoshii T, Okawa A. Postoperative lymphocyte percentage and neutrophil-lymphocyte ratio are useful markers for the early prediction of surgical site infection in spinal decompression surgery [J]. *J Orthop Surg (Hong Kong)*, 2020, 28(2): 2309499020918402.
- 11 Miyamoto A, Tanaka M, Flores A O P, Yu D, Jain M, Heng C, et al. Predicting surgical site infections in spine surgery: association of postoperative lymphocyte reduction [J]. *Diagnostics (Basel)*, 2024, 14(23): 2715.
- 12 Jiang W, Shi H, Deng X, Hou W, Wan D. The incidence of incision infections after lumbar fusion and the significance of dynamically monitoring serum albumin and C-reactive protein levels [J]. *Ann Palliat Med*, 2021, 10(10): 10870-77.
- 13 Bhat T, Teli S, Rijal J, Bhat H, Raza M, Khouchir G, et al. Neutrophil to lymphocyte ratio and cardiovascular diseases: a review [J]. *Expert Rev Cardiovasc Ther*, 2013, 11(1): 55-59.
- 14 Templeton A J, McNamara M G, Šeruga B, Vera-Badillo F E, Aneja P, Ocaña A, et al. Prognostic role of neutrophil-to-lymphocyte ratio in solid tumors: a systematic review and meta-analysis [J]. *J Natl Cancer Inst*, 2014, 106(6): dju124.
- 15 Karlidag T, Bingol O, Keskin O H, Durgal A, Yagbasan B, Ozdemir G. C-reactive protein to albumin ratio and prognostic nutrition index

- as a predictor of periprosthetic joint infection and early postoperative wound complications in patients undergoing primary total hip and knee arthroplasty [J]. *Diagnostics (Basel)*, 2025, 15(17): 2230.
- 16 Fei Q, Li J, Lin J, Li D, Wang B, Meng H, et al. Risk factors for surgical site infection after spinal surgery: a meta-analysis [J]. *World Neurosurg*, 2015, 95: 507-15.
- 17 Salimi M, Mosalamiaghili S, Mafhoumi A, Riaz M. The neutrophil-to-lymphocyte ratio (NLR) levels predicting the surgical site infection in spinal surgery: a systematic review [J]. *J Spine Surg*, 2025, 11(1): 135-47.
- 18 Zhang X, Liu P, You J. Risk factors for surgical site infection following spinal surgery: a meta-analysis [J]. *Medicine (Baltimore)*, 2022, 101(8): e28836.
- 19 Shi W, Jiang Y, Tian H, Wang Y, Zhang Y, Yu T, et al. C-reactive protein-to-albumin ratio (CAR) and C-reactive protein-to-lymphocyte ratio (CLR) are valuable inflammatory biomarker combination for the accurate prediction of periprosthetic joint infection [J]. *Infect Drug Resist*, 2023, 16: 477-86.
- 20 Pang Z, Liang J, Chen J, Ou Y, Wu Q, Huang S, et al. Systemic immune-inflammatory biomarkers combined with the CRP-albumin-lymphocyte index predict surgical site infection following posterior lumbar spinal fusion: a retrospective study using machine learning [J]. *Front Med (Lausanne)*, 2025, 12: 1590248.
- 21 Zebrowski M, Czubak-Wrzosek M, Czubak J, Tyrakowski M. Limited diagnostic utility of postoperative C-reactive protein for early detection of surgical site infections following posterior scoliosis correction surgery [J]. *J Clin Med*, 2025, 14(21).
- 22 Kraft C N, Krüger T, Westhoff J, Lüring C, Weber O, Wirtz D C, et al. CRP and leukocyte-count after lumbar spine surgery: fusion vs. nucleotomy [J]. *Acta Orthop*, 2011, 82(4): 489-93.
- (收稿日期:2025-11-11)
(本文编辑:吕红芝)

李承思, 邢欣, 王忠正, 等. 术前高敏C反应蛋白与淋巴细胞比值预测退变性腰椎手术后手术部位感染的价值[J/CD]. *中华老年骨科与康复电子杂志*, 2026, 12(1): 3-14.

消息

四十年积淀,卓越高效——张英泽院士骨科微创手术学习班持续招生中
尊敬的骨科同仁们:

我们诚挚地邀请您参加由张英泽院士亲自手术示教的骨科微创手术学习班。张院士以其四十年的深厚积淀与不懈探索,原创性地提出了“骨折顺势双反牵引复位固定技术”,该技术以简洁、直接的复位操作、卓越的疗效为骨折治疗开辟了全新的微创路径。

一、张英泽院士骨折闭合复位微创固定理论与技术创新

张英泽院士一直致力于复杂骨折闭合复位微创固定技术和器械的创新与推广,原创提出了骨折顺势复位固定理论、骨折仿生固定理论、内加压固定理论、骨动态形变定律等十几项创新理论,率先发现并总结胫骨平台Hoffa骨折等新骨折类型,研发了顺势双反牵引复位器、跟骨内加压固定系统、下胫腓联合弹性仿生固定装置等系列骨折微创复位固定技术、器械和内固定物。其中,双反牵引复位器(第1代)自1978年在临床应用以来,不断完善,迄今已经发展至第9代,能够用于胫骨平台骨折、股骨远端骨折、股骨转子间骨折、肱骨近端骨折等四肢复杂骨折。

二、技术亮点

1. 技术创新:该技术利用沿着下肢轴线牵引产生的软组织挤压、牵拉实现胫骨平台骨折闭合复位,通过骨隧道顶压复位骨折块,隧道植骨、横向加压骨栓加压固定,不但能够确保增宽的平台恢复正常径线,而且增加了骨折块固定的牢固程度和稳定性。这一技术以双反牵引微创复位技术体系为基础,针对胫骨平台骨折、肱骨外科颈骨折、跟骨骨折、股骨转子间骨折等一系列复杂骨折进行微创治疗,开创了关节内骨折的革命性术式。

2. 微创高效:该原创技术为不切开关节囊的非直视下复位,结合微创复位工具与关节镜技术,手术全程仅需30~60 min,切口仅为传统手术的十分之一,可最大限度地减少软组织损伤,缩短手术时间与出血量,降低患者负担。

3. 卓越成效:已成功治疗关节内骨折患者逾2 000例,术后感染率为零,关节功能障碍、下肢力线不理想等并发症发生率仅为0.3%。患者术后恢复迅速,生活质量显著提升。

三、已成功举办178届骨科微创手术学习班

20年来,张英泽院士带领团队已成功举办178届骨科微创手术学习班,包括跟骨骨折、髌骨骨折、髌臼骨折、骨盆骨折和胫骨平台骨折等各部位专题培训班,培养了来自全国1 000余家医院(包括北京积水潭医院、上海市第六人民医院、新疆医科大学第一附属医院等)的4 000余名微创骨折医生,以及德国、俄罗斯、印度、巴基斯坦、泰国等十几个国家的50余名骨科医生,受到了一致好评和广泛共鸣。部分学员持续追踪院士微创新技术,多次参加学习班。

四、学习班特色

1. 权威领衔:张英泽院士亲自授课并演示手术,分享其四十年的研究成果与临床经验。
2. 实战观摩:学员将有机会进入手术室,近距离观摩张院士的手术演示,直观感受微创技术的魅力。
3. 全面覆盖:课程涵盖胫骨平台、股骨髁上、转子间、跟骨及踝关节等各部位复杂骨折的微创治疗,满足不同层次的学习需求。
4. 影响广泛:作为河北省卫健委重点推广项目,河北130多个县市骨科医生均已通过参加学习班掌握该技术,真正实现了逐医者之卓越,造患者之福音。

五、学习班详情

学习班常年招生,每周固定时间开班。具体事项如下:

1. 时间及安排:每周一、周二两天。周一:全天报道,19:00-21:00进行骨关节解剖学、影像学和微创技术教学。周二:上午8:00-11:00手术室现场观摩张英泽院士手术,下午离会。
2. 地点:河北医科大学第三医院(河北省石家庄市桥西区自强路139号)。
3. 学员要求:骨科医师,每期限15名学员,报名时请说明参加培训时间。
4. 费用说明:免培训费及学习期间食宿费,交通费用自理;外籍学员(含1名陪同)5日内中国境内交通及食宿费用全免。
5. 报名电话:18533112570(闫老师),18533112055(李老师),18533112567(吕老师)。

我们期待与您携手并肩,共同探索骨科微创技术的无限可能,为患者带来更加安全、高效的治疗方案!