doi:10.11659/jjssx.08E025084

·临床研究·

基于血清学指标的联合诊断模型对脊柱感染性疾病的价值

刘 洁,郑 娜,易建华,王昕辉,刘慧婵,韩 冬,张亮达,梁钟标,戴建强,蔡学究 (南部战区总医院骨科,广东 广州 510010)

[摘 要] **目的** 评估血清学指标对脊柱感染性疾病(IDS)的诊断价值。**方法** 回顾性分析2018年1月至2025年4月南部战区总医院骨科收治的105例IDS患者(IDS组)和75例非感染性脊柱疾病(non-IDS)患者(non-IDS组)的临床资料。采用单因素分析比较2组患者的血清学指标差异,采用*Logistic*回归分析IDS相关因素并建立联合诊断模型。采用受试者工作特征曲线评估血清学指标对IDS的诊断效能。**结果** IDS组中,革兰氏阳性菌感染41例(39.05%)、革兰氏阴性菌感染23例(21.90%)、结核分枝杆菌感染41例(39.05%)。2组间在白蛋白、总胆红素(TBIL)、血清肌酐、中性粒细胞计数、淋巴细胞计数(LY)、单核细胞计数、血小板计数、C反应蛋白(CRP)、血沉(ESR)和降钙素原等指标方面均存在显著差异($P<0.05$)。多因素分析显示,ESR和CRP是IDS的独立危险因素,而TBIL和LY为保护因素。基于TBIL、LY、ESR和CRP构建的联合诊断模型经*Hosmer-Lemeshow*检验($\chi^2=2.342$,$P=0.969$)显示,诊断准确率为81.11%。该模型诊断IDS的敏感度为75.24%、特异度为93.33%、阳性似然比为11.29、阴性似然比为0.27、曲线下面积为0.908(95%*CI*:0.856~0.946)。**结论** 基于血清学指标的联合诊断模型可用于IDS的早期快速筛查并显著提高诊断准确性。

[关键词] 血清学指标;脊柱感染性疾病;联合诊断模型;诊断价值
[中图分类号] R446.1 [文献标志码] A [收稿日期] 2025-08-22

Diagnostic value of a combined diagnostic model based on serological indicators for infectious diseases of the spine

LIU Jie, ZHENG Na, YI Jian-hua, WANG Xin-hui, LIU Hui-chan, HAN Dong, ZHANG Liang-da, LIANG Zhong-biao, DAI Jian-qiang, CAI Xue-jiu (Department of Orthopedics, General Hospital of Southern Theater Command, Guangzhou Guangdong 510010, China)

Abstract: Objective To evaluate the diagnostic value of serological indicators for infectious diseases of the spine (IDS). **Methods** A retrospective analysis was conducted on the clinical data of 105 patients with IDS and 75 patients with non-infectious diseases of the spine (non-IDS) admitted to the Department of Orthopedics of General Hospital of Southern Theater Command from January 2018 to April 2025. Univariate analysis was used to compare the differences in serological indicators of patients between the two groups, while *Logistic* regression analysis was used to analyze the related factors of IDS and establish a combined diagnostic model. *Receiver operating characteristic* curve was employed to assess the diagnostic efficacy of serological indicators for IDS. **Results** In the IDS group, there were 41 cases (39.05%) of Gram-positive bacterial infection, 23 cases (21.90%) of Gram-negative bacterial infection, and 41 cases (39.05%) of Mycobacterium tuberculosis infection. There were significant differences between the two groups in terms of albumin, total bilirubin (TBIL), serum creatinine, neutrophil count, lymphocyte count (LY), monocyte count, platelet count, C-reactive protein (CRP), erythrocyte sedimentation rate (ESR), and procalcitonin ($P<0.05$). Multivariate analysis revealed that ESR and CRP were the independent risk factors for IDS, while TBIL and LY served as protective factors. The combined diagnostic model constructed based on TBIL, LY, ESR, and CRP demonstrated a diagnostic accuracy of 81.11% through the *Hosmer-Lemeshow* test ($\chi^2=2.342$, $P=0.969$). The model's sensitivity was 75.24%, the specificity was 93.33%, the positive likelihood ratio was 11.29, the negative likelihood ratio was 0.27, and *area under the curve* for diagnosing IDS was 0.908 (95%*CI*: 0.856 to 0.946). **Conclusion** This combined diagnostic model based on serological indicators can be utilized for the early rapid screening of IDS, which can significantly improve the diagnostic accuracy.

Keywords: serological indicators; infectious diseases of the spine; combined diagnostic model; diagnostic value

脊柱感染性疾病(infectious diseases of the spine, IDS)是由不同病原微生物在脊柱各部位(椎体、椎间盘、附件、椎管及邻近椎旁组织)引起的一系列感染性疾病[1]。近年来随着人口老龄化、诊断技术进步及有创手术数量增加,IDS发病率呈逐年上升趋势[2]。该病起病隐匿且临床表现不典型,早期影像学和实验室检查缺乏特异性。传统细菌培养技术存在培养周期长、

[基金项目] 广东省医学科学技术研究基金项目(A2023315)
[通信作者] 蔡学究,E-mail:10891432@qq.com;戴建强,E-mail:tcl99@sina.com

敏感度低等问题,脊柱感染病原体培养阳性率仅为18.99%~19.57%[3-5],导致IDS的诊断困难,易出现漏诊、误诊和误治[2]。而经验性诊疗可能造成抗生素滥用,进而增加并发症发生和细菌耐药风险。因此,寻找一种快速、准确且特异度高的诊断方法,对于IDS的早期诊治至关重要。传统炎症标志物,如白细胞计数(white blood cell count,WBC)、C反应蛋白(C-reactive protein,CRP)、血沉(erythrocyte sedimentation rate,ESR)及降钙素原(procalcitonin,PCT),虽广泛用于感染性疾病辅助诊断,但其准确性尚不足以支持IDS的临床决策[6]。现有研究多聚焦于这些指标对脊柱术后感染的诊断和疗效评估[7-9],在IDS早期识别中敏感度较高但特异度不足[6,10],且单一指标易受非感染性炎症干扰。因此,联合检测多种生物标志物成为提高IDS诊断效能的重要方向。本研究通过回顾性分析我院IDS患者的临床资料,基于门诊常规血液检测指标,比较分析其在IDS诊断中的价值,旨在为门诊IDS患者的早期筛查提供新的参考依据。

1 资料与方法

1.1 临床资料

本研究为回顾性研究,遵循《赫尔辛基宣言》原则。研究方案经南部战区总医院伦理委员会批准(批准号:NZLLKZ2025148),因采用匿名数据,豁免知情同意要求。收集2018年1月至2025年4月我院骨科收治的105例IDS患者的资料,并将其作为IDS组;另选取同期75例具有完整临床数据的非感染性脊柱疾病(non-infectious diseases of the spine,non-IDS)患者作为对照,设为non-IDS组。

符合以下IDS诊断标准的为疑似病例:①存在流行病学史、既往感染史、侵入性操作史、疫区旅行史及动物接触史等;②存在低热、高热或间歇热等发热症状;③存在颈椎、胸椎或腰椎病变区域的局部疼痛;④存在颈椎、胸椎或腰椎病变区域局部压痛及叩击痛。且常规实验室检查及影像学结果支持诊断为IDS疑似病例[2]。最终确诊需通过IDS某一特异性检测、病原学检查或组织病理学检查,这三项同时或其中之一为阳性时即为确诊病例[2]。

排除标准:年龄<18岁;全身应激状态(如急性创伤);近期有输血史;浅表伤口感染;过去3个月内存在其他部位急性感染;脓毒症(PCT≥0.5 ng/mL)[11];恶病质状态;妊娠期和哺乳期;免疫缺陷(包括HIV感染)、活动性病毒肝炎,HCV抗体阳性且HCV-RNA阳性;患有系统性炎症疾病(如系统性红斑狼疮、类风湿性关节炎、强直性脊柱炎、克罗恩病和溃疡性结肠炎、血管炎等);患有肝功能不全(如肝硬化、慢性肝病)、肾功能不全、血液系统疾病、活动性恶性肿瘤;抗血小板药物史、放化疗史、3个月内类固醇使用史;病历资料不全。

1.2 观察指标

收集患者年龄、性别、用药史及既往病史等临床资料,以及住院当天的WBC、中性粒细胞计数(neutrophil count,NE)、淋巴细胞计数(lymphocyte count,LY)、单核细胞计数(monocyte count,MC)、血小板计数(platelet count,PLT)、CRP、ESR、PCT(≥0.05 ng/mL为阳性)、丙氨酸氨基转移酶(alanine aminotransferase,ALT)、白蛋白(albumin,ALB)、空腹血糖、血清肌酐(serum creatinine,Scr)和总胆红素(total bilirubin,TBIL)等实验室指标,采用单因素分析2组患者的血清学指标的差异。

1.3 统计学方法

采用SPSS 23.0软件进行统计分析。正态性检验使用*Kolmogorov-Smirnov*或*Shapiro-Wilk*。计量资料以均数±标准差($\bar{x}\pm s$)或四分位间距[$M(Q_1,Q_3)$]表示,分别采用独立样本t检验或*Mann-Whitney U*检验。计数资料以率(%)表示,采用χ^2检验或*Fisher*精确检验。单因素分析中$P<0.05$的变量纳入多因素*Logistic*回归分析。使用MedCalc23.1.6构建联合诊断模型,绘制受试者工作特征(*receiver operating characteristic*,*ROC*)曲线评估诊断效能。计算各血清学标志物单独及联合诊断时的曲线下面积(*area under the curve*,*AUC*)、95%*CI*、敏感度、特异度、阳性似然比(positive likelihood ratio,PLR)和阴性似然比(negative likelihood ratio,NLR)。通过Youden指数确定最佳临界值(*Cut-off*)。根据*AUC*将诊断价值分为五级:优秀(0.900~1.000),良好(0.800~0.899),一般(0.700~0.799),较差(0.600~0.699)和无诊断能力(0.500~0.599)。采用*DeLong*检验比较*AUC*差异。所有检验均为双侧检验,$P<0.05$为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 IDS组与non-IDS组患者人口统计学及实验室数据对比

IDS组中,革兰氏阳性菌感染41例(39.05%),革兰氏阴性菌感染23例(21.90%),结核分枝杆菌感染41例(39.05%)。2组患者在年龄、性别、空腹血糖、

ALT、WBC等方面,差异无统计学意义(P>0.05),但在ALB、TBIL、Scr、NE、LY、MC、PLT、CRP、ESR、PCT等指标方面,差异均有统计学意义(P<0.05),见表1。

2.2 IDS患者危险因素的*Logistic*回归分析

以IDS和non-IDS为因变量,选取单因素分析中P<0.05的因素作为自变量进行*Logistic*回归分析,结果显示,ESR和CRP是IDS的独立危险因素,而TBIL和LY为保护因素,见表2。

基于多因素回归分析中有显著差异的因素,构建联合诊断模型:Logit(P)=1.278+0.043×CRP+0.037×ESR−0.619×LY−0.152×TBIL。*Hosmer-Lemeshow*检验显示模型拟合优度良好(χ^2=2.342,P=0.969),诊断准确率达81.11%,见表3。

2.3 血清学炎症指标对IDS的诊断价值

通过血清学炎症标志物及联合诊断模型绘制IDS诊断的*ROC*曲线,结果显示:WBC、NE、LY、MC、PLT和PCT的*AUC*值均低于0.700,诊断效能较差;ESR和CRP的*AUC*值分别为0.874(95%*CI*:0.816~0.919)和0.884(95%*CI*:0.828~0.927),两者比较差异无统计学意义(P=0.625)。联合诊断模型的*AUC*值为0.908(95%*CI*:0.856~0.946),诊断效能优秀;CRP与联合诊断模型的*AUC*无显著差异(P=0.199),而ESR与联合诊断模型存在统计学差异(P=0.023)。单项炎症标志物的PLR均<10,NLR均>0.1,表明其既不能确诊也无法排除诊断;联合诊断模型的PLR=11.29,NLR=0.27,其诊断优势在于确诊,而非排除诊断,见表4、图1。

表1 IDS组与non-IDS组患者临床资料及血清学指标的单因素分析

指标	IDS组(n=105)	non-IDS组(n=75)	$t/Z/\chi^2$	P
性别(女/男,例)	45/60	40/35	1.927	0.165
年龄(岁)	50.00(46.50,68.00)	62(43.000,70.00)	−0.585	0.559
ALB(g/L)	37.50±4.99	41.30±3.67	−5.889	<0.001
空腹血糖(mmol/L)	5.00(4.60,5.88)	5.07(4.67,5.84)	−0.723	0.470
Scr(μmol/L)	63.00(53.50,72.50)	70.36±19.17	−1.993	0.046
TBIL(μmol/L)	7.20(5.65,10.10)	11.30(9.10,15.30)	−6.111	<0.001
ALT(U/L)	19.00(11.00,25.00)	20.00(15.00,28.00)	−1.845	0.065
CRP(mg/L)	22.06(7.10,45.81)	1.33(0.58,3.81)	−8.774	<0.001
ESR(mm/h)	59.15±33.18	10.30(5.70,21.40)	−8.545	<0.001
PCT(−/+,例)	76/29	72/3	16.700	<0.001
WBC($\times10^9$/L)	7.74(6.00,10.46)	6.85(5.62,8.59)	−1.946	0.052
NE($\times10^9$/L)	5.08(3.83,7.53)	4.22(3.27,5.84)	−3.218	0.001
LY($\times10^9$/L)	1.71(1.30,1.99)	2.12±0.73	−3.698	<0.001
MC($\times10^9$/L)	0.56(0.41,0.69)	0.45(0.35,0.61)	−2.435	0.015
PLT($\times10^9$/L)	299.00(245.00,384.50)	248.00(207.00,305.00)	−4.390	<0.001

表2 IDS危险因素的*Logistic*回归分析

影响因素	β	SE	Wald	P	OR	95%CI
ALB	0.041	0.059	0.490	0.484	1.042	0.928~1.171
TBIL	−0.155	0.054	8.281	0.004	0.857	0.771~0.952
Scr	−0.003	0.011	0.062	0.803	0.997	0.975~1.020
NE	−0.006	0.118	0.002	0.961	0.994	0.789~1.252
LY	−0.703	0.352	3.981	0.046	0.495	0.248~0.988
MC	−0.015	0.517	0.001	0.977	0.985	0.357~2.715
PLT	0.002	0.003	0.312	0.576	1.002	0.995~1.008
CRP	0.046	0.022	4.144	0.042	1.047	1.002~1.094
ESR	0.039	0.014	7.845	0.005	1.039	1.012~1.068
PCT	−0.435	1.191	0.133	0.715	0.647	0.063~6.685

表3 联合诊断模型对IDS的诊断准确性

组别	Positive(例)	Negative(例)	准确率(%)
IDS组(n=105)	63	12	84.00
non-IDS组(n=75)	22	83	79.05
总准确率			81.11

3 讨论

IDS起病隐匿、临床表现不典型,早期诊断依赖实验室与影像学检查,但传统病原体培养周期长、阳性率低,单一炎症标志物敏感度与特异度有限,临床漏诊、误诊率较高。本研究基于门诊常规血清学指标构建联合诊断模型,结果显示TBIL、LY、CRP、ESR联合模型对IDS具有优秀的确诊价值,可为临床早期快速筛查提供实用工具。

传统炎症标志物常用于IDS的诊断和治疗评估,但其诊断特异度较低[6,12]。研究表明,WBC的诊断价值低于ESR和CRP,且WBC正常并不能排除脊柱感染[12-13]。本研究纳入180例脊柱疾病患者,发现IDS组和non-IDS组患者的WBC中位数均在正常范围内,组间无统计学差异,与Yu等[14]的研究结果一致。尽管NE、LY、MC和PLT在单因素分析中具有统计学差异,

表4 血清学炎症指标诊断IDS的效能参数

指标	*AUC*	*SE*	95%*CI*	敏感度(%)	特异度(%)	PLR	NLR	*Cut-off*	Youden指数	*P*
WBC	0.585	0.043	0.509~0.658	59.05	60.00	1.48	0.68	7.25	0.191	0.046 1
NE	0.641	0.042	0.566~0.711	64.76	64.00	1.80	0.55	4.67	0.288	0.000 7
LY	0.662	0.043	0.588~0.731	76.19	57.33	1.79	0.42	1.99	0.335	0.000 1
MC	0.607	0.043	0.531~0.678	58.10	65.33	1.68	0.64	0.51	0.234	0.012 5
PLT	0.692	0.040	0.619~0.759	65.71	66.67	1.97	0.51	271.00	0.324	<0.000 1
CRP	0.884	0.025	0.828~0.927	84.76	77.33	3.74	0.20	3.95	0.621	<0.000 1
ESR	0.874	0.026	0.816~0.919	72.38	89.33	6.79	0.31	36.70	0.617	<0.000 1
PCT	0.618	0.025	0.543~0.689	27.62	96.00	6.91	0.75	0.05	0.236	<0.000 1
联合诊断	0.908	0.022	0.856~0.946	75.24	93.33	11.29	0.27	-	0.686	<0.000 1

-:无数值

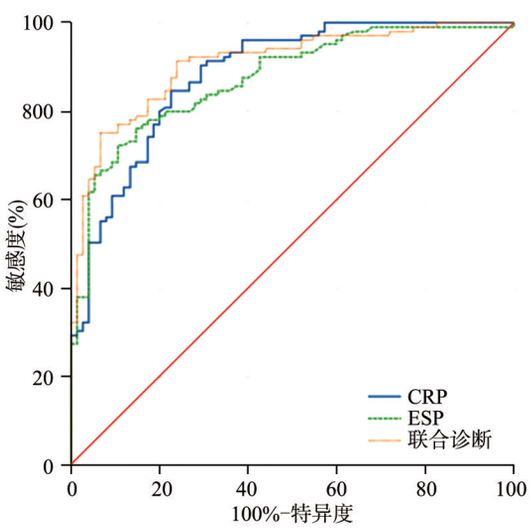


图1 CRP、ESR和联合诊断模型诊断IDS的*ROC*曲线

但其数值均在正常参考范围内,与Iwata等[15]的研究相符。由于IDS诊断受多因素交互作用影响,单因素分析结果难以反映这些指标的临床价值,这些“看似正常”的实验室指标不足以提示IDS风险[2,16]。

CRP、ESR和PCT是反映全身炎症的指标,常用于感染性疾病的诊断。CRP是IDS初期诊断和治疗监测中最具相关性的实验室参数,但缺乏特异度[6,10]。ESR虽敏感度较高,但在临床实践中逐渐被视为非必需指标[10]。本研究IDS组患者的CRP和ESR水平显著高于non-IDS组,CRP和ESR的敏感度分别为84.76%和72.38%,与既往研究结果相近[17],特异度分别为77.33%和89.33%,高于既往研究结果[17],这可能与本研究严格排除了合并系统性炎症疾病、肝肾疾病及自身免疫性疾病等干扰因素,降低了非感染因素导致的假阳性率,提升了单项指标在本研究的诊断特异度有关。此外,*ROC*分析表明,CRP和ESR显示出良好的诊断效能。然而其PLR均<10且NLR均>0.1,说明这些指标既不能确诊也不能排除IDS,临床需结合患者症状、影像学指标进行排除性诊断。既往研究显示,脊柱感染患者中PCT阳性率约30%[4-5];Jeong等[18]发现PCT对脊柱感染的敏感度低于CRP,并提示PCT明显升高时应警惕合并全身感染或其他部位感染;Maus等[19]亦提出PCT不适用于脊柱感染的诊断与病情监测。本研究将PCT单独分析,因其为临床最常用、指南优先推荐用于鉴别细菌感染与非感染性炎症的核心指标,具有重要的对照价值。本研究结果显示,PCT敏感度仅27.62%,*AUC*为0.618,诊断效能较差,与上述文献结论一致。其原因在于,IDS多为局部、低毒力、慢性或亚急性感染,炎症局限于椎间隙与椎体,通常不足以引发全身炎症反应,因而难以诱导PCT升高。上述结果证实PCT作为全身炎症标志物,并不适用于脊柱局部感染的早期筛查与鉴别诊断。

为提高外周血生物标志物的诊断效能,本研究通过多因素分析筛选具有统计学差异的指标,并构建联合诊断模型。*Hosmer-Lemeshow*检验显示模型拟合良好(χ^2=2.342,*P*=0.969),诊断准确率达81.11%,表明构建的诊断模型诊断能力良好。*ROC*曲线分析表明,联合诊断模型的*AUC*值为0.908,与CRP相当,且显著优于其他单一标志物。PLR=11.29,NLR=0.27,提示该模型更适用于确诊而非排除诊断。

LI等[20]通过系统综述与荟萃分析,纳入10项研究共770例患者,对比了宏基因组测序(metagenomic next-generation sequencing,mNGS)与组织培养技术(tissue culture technique,TCT)在IDS中的诊断价值,结果显示,TCT的特异度为0.90,敏感度为0.34,*AUC*仅0.59,提示TCT因敏感度不足,且为有创检查,耗时较长,难以常规用于IDS的临床快速筛查;虽然mNGS的敏感度为0.81,特异度为0.75,*AUC*为0.85,但该技术依赖有创标本获取、检测成本高,限制了其在门诊及基层医院的广泛应用;此外,mNGS的PLR为3.30,NLR为0.25,单独使用时既无法明确诊断,也不能可靠排除IDS。而本研究联合诊断模型的特异度为93.33%,敏感度为75.24%,*AUC*为0.908,诊断效能显

著优于上述研究报道的mNGS和TCT,且本研究模型PLR达11.29,确诊能力更强,仅需常规血清学指标即可完成,无创、快速、成本低,更适合作为IDS早期筛查的工具。

综上所述,本研究基于CRP、ESR、TBIL、LY四项常规血清学指标构建的联合诊断模型,提高了IDS的早期诊断准确性,为临床快速筛查与分层识别提供了诊断依据,有助于尽早启动干预、改善患者预后。该模型检测方便快捷、成本低廉,无需特殊设备,适合门诊一线初筛及医疗资源有限的地区推广应用。

然而本研究存在以下局限性:第一,本研究为单中心回顾性研究,样本量有限,可能存在选择偏倚,结果外推至其他人群与医疗机构时需谨慎;第二,模型仅能实现感染与非感染的鉴别,无法区分具体致病菌类型,不能直接指导抗菌药物选择,最终仍需依赖病原学检测(如组织病原学培养、mNGS等)明确诊断并指导靶向治疗;第三,未对化脓性感染、结核性感染等不同病原亚组进行分层建模,模型在不同病因类型中的诊断阈值有待进一步细化。

未来可开展多中心、大样本、前瞻性研究,对本模型进行外部验证与优化,并结合病原分型、影像学特征构建分层诊断体系,为IDS的精准诊疗提供更完善的方案。

[参考文献]

[1] 李昭辉,张 强,王华锋,等. 利用宏基因组二代测序技术检测原发性脊柱感染性疾病病原体的多中心研究[J]. 中华外科学杂志,2024,62(12):1128-1135. doi:10.3760/cma.j.cn112139-20240715-00337.

[2] 牛宁奎,费 骏,贺西京,等. 脊柱感染性疾病的规范诊断与治疗[J]. 中华骨科杂志,2022,42(15):968-980. doi:10.3760/cma.j.cn121113-20220210-00058.

[3] Chen S, Kang Y, Li D, et al. Diagnostic performance of metagenomic next-generation sequencing for the detection of pathogens in bronchoalveolar lavage fluid in patients with pulmonary infections: systematic review and meta-analysis[J]. Int J Infect Dis, 2022, 122: 867-873. doi:10.1016/j.ijid.2022.07.054.

[4] 郭超峰,张 广,胡小江,等. 宏基因二代测序技术对脊柱感染的诊断效率及预后的影响[J]. 中南大学学报(医学版),2022,47(7):865-871. doi:10.11817/j.issn.1672-7347.2022.220163.

[5] Zhang G, Zhang H, Hu X, et al. Clinical application value of metagenomic next-generation sequencing in the diagnosis of spinal infections and its impact on clinical outcomes[J]. Front Cell Infect Microbiol, 2023, 13:1076525. doi:10.3389/fcimb.2023.1076525.

[6] Henry MW, Dowdell JE 3rd, Miller AO. Pyogenic vertebral osteomyelitis[J]. Infect Dis Clin North Am, 2025, 39(3): 419-435. doi:10.1016/j.idc.2025.02.011.

[7] 冯利君,张允帅,王 宸,等. 脊柱侧凸融合术手术部位感染的危险因素及血清PCT、CRP检测的预测价值[J]. 安徽医药,2021,25(7):1419-1423. doi:10.3969/j.issn.1009-6469.2021.07.036.

[8] 马维理,陈国奋,熊 亮,等. 脊柱术后感染危险因素及与PCT、Presepsin、ESR水平[J]. 中华医院感染学杂志,2020,30(23):3655-3658. doi:10.3969/j.issn.1009-6469.2021.07.036.

[9] 曾 云,熊 敏,何 宁,等. 脊柱损伤患者术后切口感染病原学特征、红细胞免疫指标及降钙素原水平分析[J]. 中国病原生物学杂志,2020,15(5):580-582. doi:10.13350/j.cjpb.200517.

[10] Kramer A, Thavarajasingam SG, Neuhoff J, et al. Diagnosis and management of de novo non-specific spinal infections: European Association of Neurosurgical Societies (EANS) Spine Section Delphi consensus recommendations[J]. Brain Spine, 2024, 5: 104178. doi:10.1016/j.bas.2024.104178.

[11] Schuetz P, Beishuizen A, Broyles M, et al. Procalcitonin (PCT)-guided antibiotic stewardship: an international experts consensus on optimized clinical use[J]. Clin Chem Lab Med, 2019, 57(9): 1308-1318. doi:10.1515/cclm-2018-1181.

[12] Tsantes AG, Papadopoulos DV, Vrioni G, et al. Spinal infections: an update[J]. Microorganisms, 2020, 8(4): 476. doi:10.3390/microorganisms8040476.

[13] Euba G, Narváez JA, Nolla JM, et al. Long-term clinical and radiological magnetic resonance imaging outcome of abscess-associated spontaneous pyogenic vertebral osteomyelitis under conservative management[J]. Semin Arthritis Rheum, 2008, 38(1): 28-40. doi:10.1016/j.semarthrit.2007.08.007.

[14] Yu X, Rao G, Zhang YX, et al. Vertebral osteomyelitis: a comparative, single-center study in northwestern China[J]. Infect Dis (Lond), 2025, 57(5): 385-396. doi:10.1080/23744235.2024.2438826.

[15] Iwata E, Shigematsu H, Koizumi M, et al. Lymphocyte count at 4 days postoperatively and CRP level at 7 days postoperatively: reliable and useful markers for surgical site infection following instrumented spinal fusion[J]. Spine (Phila Pa 1976), 2016, 41(14): 1173-1178. doi:10.1097/BRS.0000000000001501.

[16] Zimmerli W. Clinical practice. Vertebral osteomyelitis[J]. N Engl J Med, 2010, 362(11): 1022-1029. doi:10.1056/NEJMcp0910753.

[17] Ghassibi M, Yen TC, Harris S, et al. Responsiveness of routine diagnostic tests for vertebral osteomyelitis may be influenced by the infecting organism[J]. Spine J, 2021, 21(9): 1479-1488. doi:10.1016/j.spinee.2021.04.001.

[18] Jeong DK, Lee HW, Kwon YM. Clinical value of procalcitonin in patients with spinal infection[J]. J Korean Neurosurg Soc, 2015, 58(3): 271-275. doi:10.3340/jkns.2015.58.3.271.

[19] Maus U, Andereya S, Gravius S, et al. Procalcitonin (PCT) as diagnostic tool for the monitoring of spondylodiscitis[J]. Z Orthop Unfall, 2009, 147(1): 59-64. doi:10.1055/s-2008-1038974.

[20] Li YC, Liu YX, Li L, et al. Metagenomic next-generation sequencing (mNGS) versus tissue culture technique (TCT) in diagnosis of spinal infection: a systematic review and meta-analysis[J]. Sci Rep, 2025, 15(1): 20926. doi:10.1038/s41598-025-06759-3.

(编辑:杨 颖)