

血清感染指标对颈后路单开门椎管扩大成形术后早期感染的诊断价值

王杰, 徐嘉伟, 李浩鹏

(西安交通大学第二附属医院骨科, 陕西 西安 710004)

【摘要】 目的:探讨白细胞计数(WBC)、C-反应蛋白(CRP)、血清降钙素原(PCT)及红细胞沉降率(ESR)水平对颈后路单开门椎管扩大成形术后早期感染的诊断价值,及时发现、预防和治疗术后感染患者。方法:回顾性分析 2010 年 1 月至 2019 年 4 月颈后路单开门椎管扩大成形术后早期发热的患者 120 例;按照患者伤口渗出液细菌学培养的结果将其分为感染组(53 例)和未感染组(67 例),感染组中,男 32 例,女 21 例,年龄 48~63(52.28±6.36)岁;未感染组中,男 37 例,女 30 例,年龄 46~62(51.63±5.82)岁。并根据感染组患者术后感染类型将其分为深部手术部位感染组(30 例)和浅表手术部位感染组(23 例),深部手术部位感染组中,男 19 例,女 11 例,年龄 50~63(53.16±5.62)岁;浅表手术部位感染组中,男 13 例,女 10 例,年龄 48~61(52.15±5.68)岁。比较组间患者及组内患者手术前后 WBC 计数、CRP、PCT 及 ESR 血清感染指标。收集纳入的 120 例患者血清感染学指标数据并根据血清感染指标诊断感染的灵敏度及特异性,以 1-特异性为横坐标,灵敏度为纵坐标绘制受试者工作特征(ROC)曲线对 WBC 计数、CRP、PCT 以及 ESR 感染指标进行早期感染诊断的准确性评估。结果:术前:感染组和未感染组患者的 WBC 计数、CRP、PCT、ESR 血清感染指标水平相近($P>0.05$);术后:感染组患者的 WBC 计数、CRP、PCT、ESR 感染指标较未感染组高($P<0.05$)。在术后感染的患者中,WBC 计数、CRP、PCT 以及 ESR 血清感染指标水平在不同术后感染类型的患者中存在差异($P<0.05$)。未感染组患者的 WBC 计数、CRP、PCT 以及 ESR 血清感染指标总体呈现出先升后降的趋势。WBC 计数感染指标的受试者曲线下面积(AUC)为 0.637($P<0.05$);CRP 感染指标的 AUC 为 0.792($P<0.05$);PCT 感染指标的 AUC 为 0.774($P<0.05$);ESR 感染指标的 AUC 为 0.783($P<0.05$)。结论:WBC 计数、CRP、PCT、ESR 血清感染指标可用于颈后路单开门椎管扩大成形术后早期感染的诊断,除此之外,上述 4 种感染指标变化的综合分析可用于不同术后感染类型的鉴别。WBC 计数指标对于早期感染诊断的准确性较低,CRP、PCT 以及 ESR 指标对于早期感染诊断的准确性较好。总体上来说,CRP、PCT 以及 ESR 血清感染指标对于颈后路单开门椎管扩大成形术后早期感染的诊断来说具有重要的临床意义,有助于临床工作者尽早发现术后早期感染以利于随后的相应治疗。

【关键词】 血清感染指标; 椎管成形术; 脊髓型颈椎病; 术后早期感染

中图分类号:R639

DOI:10.3969/j.issn.1003-0034.2019.10.004

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Diagnosis value of serum infection index for early infection of patients undergoing posterior cervical expansive open-door laminoplasty WANG Jie, XU Jia-wei, and LI Hao-peng. Department of Orthopaedics, the Second Affiliated Hospital of Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710004, Shaanxi, China

ABSTRACT Objective: To investigate the diagnosis value of white blood cell (WBC) count, C-reactive protein (CRP), serum procalcitonin (PCT) and erythrocyte sedimentation rate (ESR) levels for early infection after posterior cervical expansive open-door laminoplasty. Discover, prevent, and treat postoperative infections promptly. **Methods:** The clinical data of 120 patients with early fever after posterior cervical laminoplasty from January 2010 to April 2019 were retrospectively analyzed. According to the results of bacteriological culture of wound exudate, the patients were divided into infected group (53 cases) and non-infected group (67 cases). In infection group, there were 32 males and 21 females, aged from 48 to 63 years old, with an average of (52.28±6.36) years. In non-infected group, there were 37 males and 30 females, aged from 46 to 62 years old, with an average of (51.63±5.82) years. According to the postoperative infection types, the patients in infection group were divided into 30 cases of deep surgical site infection group and 23 cases of superficial surgical site infection group. In deep surgical site infection group, there were 19 males and 11 females, aged from 50 to 63 years old with an average of (53.16±5.62)

基金项目:国家自然科学基金资助项目(编号:30672136)

Fund program: National Natural Science Foundation of China (No. 30672136)

通讯作者:李浩鹏 E-mail: lhp-3993@163.com

Corresponding author: LI Hao-peng E-mail: lhp-3993@163.com

years. In superficial surgical site infection group, there were 13 males and 10 females, aged from 48 to 61 years old with an average of (52.15 ± 5.68) years. WBC count, CRP, PCT and ESR serum infection indexes were compared between groups and within groups before and after surgery. The serum infective index data of 120 patients were collected and the sensitivity and specificity of the serum infectious index were used to diagnose the infection. Accuracy assessment of early infection diagnosis of WBC count, CRP, PCT and ESR serum infection indexes by plotting the receiver operating characteristic (ROC) curve with 1-specificity as the abscissa and sensitivity as the ordinate. **Results:** There were no significant difference in WBC count, CRP, PCT and ESR serum infection indexes between infected group and non-infected group before operation ($P > 0.05$). Postoperative WBC count, CRP, PCT and ESR infection indexes in infection group were higher than in non-infected group ($P < 0.05$). Among patients with postoperative infection, WBC count, CRP, PCT and ESR serum infection index levels were significantly different in the different postoperative infection types ($P < 0.05$). In non-infected group, WBC count, CRP, PCT and ESR serum infection indexes showed an overall trend of rising first and then falling. The area under curve (AUC) of WBC count infection index was $0.637 (P < 0.05)$. The AUC of CRP infection index was $0.792 (P < 0.05)$. The AUC of PCT infection index was $0.774 (P < 0.05)$. The AUC of ESR infection index was $0.783 (P < 0.05)$. **Conclusion:** WBC count, CRP, PCT and ESR serum infection indexes can be used for the diagnosis of early infection after posterior cervical expansive open-door laminoplasty. In addition, the comprehensive analysis of the changes of the four infection indexes can be used for the identification of different postoperative infection types. WBC count index is less accurate for early infection diagnosis, and CRP, PCT, and ESR indexes are more accurate for early infection diagnosis. In general, CRP, PCT and ESR serum infection indexes have important clinical significance for the diagnosis of early infection after posterior cervical open-door laminoplasty, which helps clinicians to detect early postoperative infection as early as possible to facilitate subsequent treatment.

KEYWORDS Serum infection index; Laminoplasty; Cervical spondylotic myelopathy; Early postoperative infection

脊髓型颈椎病是脊柱外科中较为常见的疾病之一,常见的发病年龄是 50 岁以上^[1-2]。对于病情较重的患者,手术治疗通常是首选的治疗方案,可较为直接、迅速地解除对颈脊髓的压迫继而使受损的颈脊髓得到一定程度地恢复^[3-4]。常见的手术方式有前路和后路^[5],术者可根据颈脊髓损伤节段以及临床症状、体征综合分析选择手术方式。虽然手术治疗对脊髓型颈椎病患者的临床预后效果显著,但是术后并发症始终是困扰术者及患者的问题。在众多术后并发症中,术后感染是最为严重的术后并发症之一,发生率为 $0.7\% \sim 12\%$ ^[6-10]。术后感染根据感染部位的深浅分为深部手术部位感染和浅表手术部位感染^[11]。本组患者对于深浅手术部位感染的诊断标准是根据美国医院感染控制委员会 1999 年发布的手术部位感染预防指南^[12]进行分组的。根据术后感染的发生时间可将术后感染分为术后早期感染和术后晚期感染,术后早期感染主要指感染发生在术后 3 个月内的感染;而术后晚期感染主要指感染发生在术后 3 个月之后的感染^[13]。颈椎术后早期感染进行准确诊断往往存在困难,只有当患者出现一定的感染症状后才能准确诊断进而采取抗感染治疗。早期感染的症状和体征通常不明显,发热是颈椎术后感染的早期临床症状之一。目前临床中常用的早期感染诊断指标包括白细胞计数(WBC)、C-反应蛋白(CRP)、血清降钙素原(PCT)及红细胞沉降率(ESR)水平等。本研究对 2010 年 1 月至 2019 年 4 月在我院骨科进行手术治疗的脊髓型颈椎病患者进行回顾性研究,旨

在分析 WBC 计数、CRP、PCT 及 ESR 这 4 种血清感染指标对颈后路单开门椎管扩大成形术后早期感染的诊断价值。

1 资料与方法

1.1 病例选择

纳入标准:术后 72 h 内体温 $> 37.3 \text{ }^\circ\text{C}$,发热时间超过 48 h;明确诊断为术后感染的患者;无中枢神经系统疾病(影响到体温调节中枢);无合并严重心肺功能障碍;无合并呼吸系统及泌尿系统感染。排除标准:非颈后路单开门椎管扩大成形术治疗的患者;随访时间 < 3 个月;拒绝配合研究的患者。

1.2 临床资料

选择 2010 年 1 月至 2019 年 4 月行颈后路单开门椎管扩大成形术治疗并于术后早期发热的脊髓型颈椎病患者 120 例;按照患者伤口渗出液细菌学培养的结果将其分为感染组和未感染组。其中感染组 53 例,男 32 例,女 21 例,年龄 $48 \sim 63 (52.28 \pm 6.36)$ 岁;未感染组 67 例,男 37 例,女 30 例,年龄 $46 \sim 62 (51.63 \pm 5.82)$ 岁。感染组与非感染组患者性别、年龄比较,差异无统计学意义($P > 0.05$),见表 1。根据美国医院感染控制委员会 1999 年发布的手术部位感染预防指南^[12]中的不同术后感染类型定义将感染组分为深部手术部位感染组和浅表手术部位感染组。其中深部手术部位感染组 30 例,男 19 例,女 11 例,年龄 $50 \sim 63 (53.16 \pm 5.62)$ 岁;浅表手术部位感染组 23 例,男 13 例,女 10 例,年龄 $48 \sim 61 (52.15 \pm 5.68)$ 岁。深部手术部位感染组和浅表手术部位感染组患者性

别、年龄比较,差异无统计学意义($P>0.05$),见表 2。

表 1 感染组和未感染组患者一般情况比较

Tab.1 Comparison of general data of patients between infection group and non-infected group

组别	例数	性别(例)		年龄($\bar{x}\pm s$,岁)
		男	女	
感染组	53	32	21	52.28±6.36
未感染组	67	37	30	51.63±5.82
检验值		$\chi^2=0.032$		$t=1.523$
P 值		0.629		0.318

表 2 深部手术部位感染组和浅表手术部位感染组患者一般情况比较

Tab.2 Comparison of general data of patients between deep surgical site infection group and superficial surgical site infection group

组别	例数	性别(例)		年龄($\bar{x}\pm s$,岁)
		男	女	
深部手术部位感染组	30	19	11	53.16±5.62
浅表手术部位感染组	23	13	10	52.15±5.68
检验值		$\chi^2=0.028$		$t=1.256$
P 值		0.735		0.217

1.3 观察项目与方法

收集术前及术后 1、3、5、7 d 的所有纳入患者的血清学感染指标资料,相关数据由 3 位研究人员收集,收集的 3 组数据进行方差分析。若无统计学意义($P>0.05$),以 3 组数据的均值作为最终研究数据。在此期间无数据丢失。

WBC 计数采用 XFA6100 全自动血液细胞分析仪(北京普朗新技术有限公司)检测;CRP 用 Elisa 试剂盒(上海仁捷生物科技有限公司)检测;PCT 用电化学发光法检测,在瑞士罗氏公司 Cobas E601 标记免疫分析仪上完成;ESR 用 ESR-30 全自动血沉动态分析仪(上海涵飞医疗器械有限公司)检测。

表 3 手术前后感染组和未感染组患者血清感染指标比较($\bar{x}\pm s$)

Tab.3 Comparison of preoperative and postoperative serum infection indexes of patients between infection group and non-infected group($\bar{x}\pm s$)

组别	例数	WBC 计数($\times 10^9/L$)		CRP(mg/L)		PCT(ng/ml)		ESR(mm/h)	
		术前	术后	术前	术后	术前	术后	术前	术后
感染组	53	7.33±1.44	9.92±1.43	4.36±0.56	48.47±10.82	0.29±0.02	8.32±0.51	13.38±2.67	64.19±14.86
未感染组	67	7.03±1.27	8.24±1.07	4.26±0.65	10.11±2.53	0.26±0.03	0.53±0.06	12.66±2.40	22.00±7.06
t 值		1.213	7.398	0.878	25.264	1.633	23.198	1.553	19.043
P 值		0.227	<0.001	0.382	<0.001	0.105	<0.001	0.123	<0.001

收集纳入的 120 例患者血清感染学指标数据并根据血清感染指标诊断感染的灵敏度及特异性,以 1-特异性为横坐标,灵敏度为纵坐标绘制受试者工作特征(ROC)曲线对 WBC 计数、CRP、PCT 以及 ESR 感染指标进行早期感染诊断的准确性评估。

1.4 统计学处理

将收集的数据用 SPSS 20.0 软件进行统计分析,对 4 种血清感染指标数据以及患者年龄采用配对 t 检验;对患者性别用 χ^2 检验。以 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

1.5 伦理审核

本研究经由西安交通大学第二附属医院生物医学伦理委员会审查批准进行(批准号:2019024)。由于本研究为回顾性研究,患者均已出院,故在伦理委员会的准许与监督下使用临床资料并对涉及患者隐私的部分进行保密。

2 结果

2.1 手术前后感染组和未感染组血清感染指标变化

术前两组 WBC 计数、CRP、PCT、ESR 血清感染指标水平相近($P>0.05$);术后感染组的 WBC 计数、CRP、PCT、ESR 感染指标较高($P<0.05$)。见表 3。

2.2 感染组术后不同感染类型血清感染指标变化

在术后发热合并感染的患者中,WBC 计数、CRP、PCT 以及 ESR 血清感染指标水平在不同术后感染类型的患者中存在差异($P<0.05$),这提示上述 4 种血清感染指标可用于不同术后感染类型的鉴别。见表 4。

2.3 未感染组患者手术前后血清感染指标变化

未感染组患者的 WBC 计数、CRP、PCT 以及 ESR 血清感染指标总体呈现出先升后降的趋势。WBC 计数指标在术后 1 d 达到峰值,随后逐渐降低;CRP 指标在术后 3 d 达到峰值,随后逐渐降低;PCT 指标在术后 1 d 达到峰值,随后逐渐降低;ESR 指标在术后 3 d 达到峰值,随后逐渐降低。术后 7 d 患者 WBC 计数和 PCT 基本恢复到术前水平,CRP 和 ESR 水平仍然较高。见表 5。

表 4 感染组不同感染类型患者术后血清感染指标的比较($\bar{x}\pm s$)

Tab.4 Comparison of postoperative serum infection indexes in patients with different infection types of infection group($\bar{x}\pm s$)

组别	例数	WBC 计数($\times 10^9/L$)	CRP(mg/L)	PCT(ng/ml)	ESR(mm/h)
深部手术部位感染组	30	10.60±0.91	56.98±4.12	10.34±0.52	76.03±6.96
浅表手术部位感染组	23	9.05±1.51	37.36±5.18	6.35±0.46	48.74±4.14
<i>t</i> 值		4.340	15.367	14.346	17.780
<i>P</i> 值		<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

表 5 未感染组患者手术前后血清感染指标比较($\bar{x}\pm s$)

Tab.5 Comparison of preoperative and postoperative serum infection indexes in non-infected group($\bar{x}\pm s$)

检测指标	术前	术后 1 d	术后 3 d	术后 5 d	术后 7 d
WBC 计数($\times 10^9/L$)	7.03±1.27	14.25±1.62	12.21±1.32	9.54±1.28	7.13±1.25
CRP(mg/L)	4.26±0.65	41.23±2.87	45.51±3.23	28.76±2.12	11.56±1.62
PCT(ng/ml)	0.26±0.03	0.56±0.07	0.46±0.05	0.31±0.03	0.27±0.04
ESR(mm/h)	12.66±2.40	35.86±3.72	48.28±5.21	38.73±4.23	32.82±3.56

2.4 患者血清感染指标 ROC 曲线评价

收集纳入的 120 例患者血清感染学指标数据并根据血清感染指标诊断感染的灵敏度及特异性,以 1-特异性为横坐标,灵敏度为纵坐标绘制受试者工作特征(ROC)曲线对 WBC 计数、CRP、PCT 以及 ESR 感染指标进行早期感染诊断的准确性评估。结果如下。

曲线下面积(AUC)用于综合评价诊断的准确性。其取值范围为 $0 \leq AUC \leq 1$ 。当 $AUC=0.5$ 时说明诊断完全不起作用即不能诊断患者患病与否。在 $AUC>0.5$ 的情况下,AUC 越接近 1 说明诊断的准确性越高。一般认为, $0.5 < AUC \leq 0.7$ 表示诊断价值较低, $0.7 < AUC \leq 0.9$ 表示诊断价值中等, $AUC > 0.9$ 表示诊断价值较高。WBC 计数感染指标的 AUC 为 0.637($P < 0.05$);CRP 感染指标的 AUC 为 0.792($P < 0.05$);PCT 感染指标的 AUC 为 0.774($P < 0.05$);ESR 感染指标的 AUC 为 0.783($P < 0.05$);见表 6。各指标绘制的 ROC 曲线图详见图 1-4。ROC 曲线是以 1-特异性为横坐标、敏感度为纵坐标绘制而成的曲线。因此,根据上述 4 种血清感染指标的 AUC 可得出:WBC 计数对于早期感染诊断的准确性较低,CRP、PCT 以及 ESR 指标对于早期感染诊断的准确性较好。

3 讨论

术后感染是颈后路单开门椎管扩大成形术后患者最为严重的并发症之一,随着医疗技术的快速发展与进步,感染已经得到了一定程度上的控制,但是术后感染仍不能完全避免,感染一旦发生将有可能导致患者手术的失败并增加患者的二次手术率以及治疗费用^[14]。临床上用于感染诊断的血清感染指标主要有以下几种。

表 6 术后发热 120 例患者血清感染指标 ROC 曲线评价

Tab.6 Evaluation of the ROC curve of serum infection index in patients with postoperative fever

检测指标	AUC	SE	<i>P</i> 值	95%CI
WBC 计数($\times 10^9/L$)	0.637	0.052	0.010	0.536~0.738
CRP(mg/L)	0.792	0.045	<0.001	0.704~0.881
PCT(ng/ml)	0.774	0.046	<0.001	0.683~0.865
ESR(mm/h)	0.783	0.046	<0.001	0.693~0.873

3.1 WBC 计数指标

在术后早期感染的诊断中,WBC 计数是最为常用的血清感染指标,其常被用来检测和监测术后伤口感染^[15-16]。Iwata 等^[17]研究发现术后第 4 天和第 7 天的术后 WBC 计数水平是诊断术后早期感染最为可靠的实验室指标,因为其不受手术因素的影响。但是,本研究以 WBC 计数血清感染指标绘制 ROC 曲线,进行早期感染诊断的准确性评估发现:WBC 计数对于早期感染诊断的准确性较低。出现这种结果的原因可能是在患者术后早期感染期间,由于手术创伤应激导致 WBC 计数指标升高,而这一时期如果出现术后感染,那么由于手术创伤应激导致的指标变化势必会对 WBC 计数对于早期感染诊断的准确性产生一定程度的影响。

3.2 CRP 指标

在术后早期感染检测中,CRP 指标水平通常更快恢复至基线水平。Schinsky 等^[18]研究发现 CRP 水平超过 10 mg/dL 提示急性假体周围关节感染。多中心研究发现 CRP 指标水平作为术后早期感染的标志物明显优于 WBC 计数指标,CRP 指标有更可靠

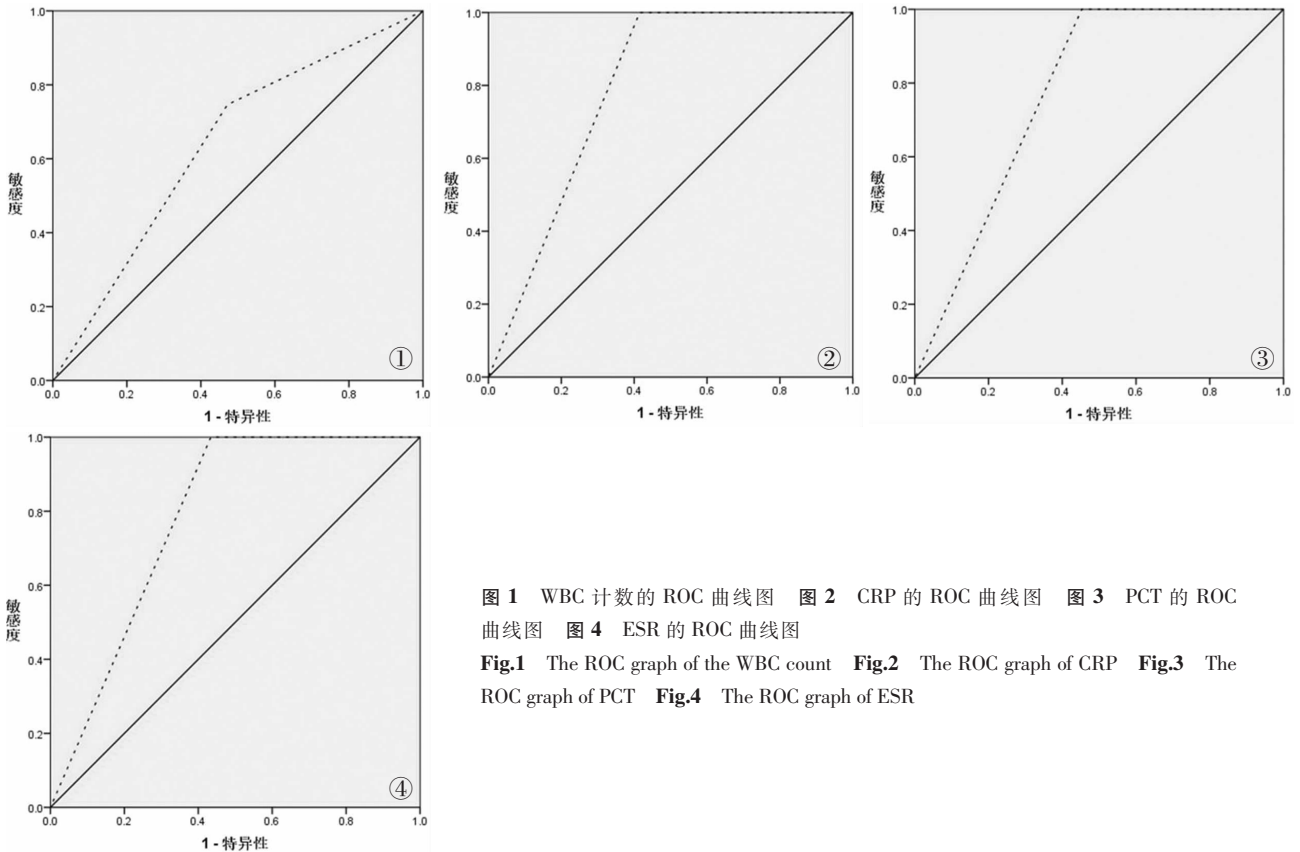


图 1 WBC 计数的 ROC 曲线图 图 2 CRP 的 ROC 曲线图 图 3 PCT 的 ROC 曲线图 图 4 ESR 的 ROC 曲线图
Fig.1 The ROC graph of the WBC count **Fig.2** The ROC graph of CRP **Fig.3** The ROC graph of PCT **Fig.4** The ROC graph of ESR

的峰值和更稳定的值^[19-20]。本研究以 CRP 血清感染指标绘制 ROC 曲线,进行早期感染诊断的准确性评估发现:CRP 指标对于早期感染诊断的准确性较好。这一研究结果与 Schinsky 等^[18]的研究结果以及既往多中心研究结果类似。

3.3 PCT 指标

PCT 是一种多肽,由 116 个氨基酸组成,是降钙素的前体,但缺乏任何激素活性,降钙素是甲状腺 C 细胞合成的一种激素,参与钙稳态^[21]。在正常生理条件下,PCT 在血液中的水平低于临床检测的检测阈值(0.01 ng/ml),仅存在于甲状腺 C 细胞中,PCT 在健康人的半衰期为 25~30 h^[22-23]。PCT 指标水平的升高通常提示有细菌感染^[24]。Dandona 等^[25]已经证明 PCT 与人类宿主对细菌感染的反应密切相关,当人类宿主机体发生细菌感染时,降钙素原可在血液中被发现,以应对内毒素和几种促炎介质,其浓度似乎与感染的严重程度有关。本研究以 PCT 血清感染指标绘制 ROC 曲线,进行早期感染诊断的准确性评估发现:PCT 指标对于早期感染诊断的准确性较好。这一研究结果与 Dandona 等^[25]的研究结果相似。

3.4 ESR 指标

在以往的研究中,ESR 是作为脊柱手术患者手术部位感染的指标之一^[26]。Signore 等^[27]研究发现当人体发生细菌感染、炎症时,体内的 ESR 指标水平

会有所升高,并且患者感染状况越严重,ESR 增加速度越明显。但是 ESR 指标水平升高的速度总体稍缓,峰值一般出现在 2~3 d,这就限制了其在早期感染诊断中的作用^[28]。本研究以 ESR 血清感染指标绘制 ROC 曲线,进行早期感染诊断的准确性评估发现:ESR 指标对于早期感染诊断的准确性较好。这一研究结果与 Signore 等^[27]研究结果类似。

既往学者的研究多侧重于对颈椎术后感染的诊断,对于颈椎术后早期感染的诊断研究尚未达成共识。本研究用 WBC 计数、CRP、PCT、ESR 血清感染指标对颈椎术后早期感染诊断进行研究并且对不同术后感染类型的鉴别相应地进行了研究,这与既往学者的研究有不同之处。通过研究发现血清感染指标的变化不仅有助于颈椎术后早期感染诊断,也有助于不同术后感染类型即深部手术部位感染以及浅表手术部位感染的临床鉴别,这也为临床工作者提供了一定的临床术后感染类型鉴别的依据。

综上所述,WBC 计数、CRP、PCT、ESR 血清感染指标可用于颈后路单开门椎管扩大成形术后早期感染的诊断,除此之外,上述 4 种感染指标变化的综合分析可用于不同术后感染类型的鉴别。WBC 计数指标对于早期感染诊断的准确性较低,CRP、PCT 以及 ESR 指标对于早期感染诊断的准确性较好。CRP、PCT 以及 ESR 血清感染指标对于颈后路单开门椎

管扩大成形术后早期感染的诊断具有重要的临床意义,有助于临床工作者尽早发现术后早期感染以利于随后的相应治疗。

参考文献

- [1] Baptiste DC, Fehlings MG. Pathophysiology of cervical myelopathy [J]. *Spine J*, 2006, 6(6 Suppl): 190S–197S.
- [2] Rhee JM, Heflin JA, Hamasaki T, et al. Prevalence of physical signs in cervical myelopathy: a prospective, controlled study [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2009, 34(9): 890–895.
- [3] Eskander MS, Aubin ME, Drew JM, et al. Is there a difference between simultaneous or staged decompressions for combined cervical and lumbar stenosis [J]. *J Spinal Disord Tech*, 2011, 24(6): 409–413.
- [4] Liu X, Min S, Zhang H, et al. Anterior corpectomy versus posterior laminoplasty for multilevel cervical myelopathy: a systematic review and meta-analysis [J]. *Eur Spine J*, 2014, 23(2): 362–372.
- [5] Rhee J, Tetreault LA, Chapman JR, et al. Nonoperative versus operative management for the treatment degenerative cervical myelopathy: an updated systematic review [J]. *Global Spine J*, 2017, 7(3 Suppl): 35S–41S.
- [6] McGirt MJ, Godil SS. Reduction of surgical site infection in spine surgery: an opportunity for quality improvement and cost reduction [J]. *Spine J*, 2013, 13(9): 1030–1031.
- [7] Gondo T, Ohno Y, Nakashima J, et al. Factors predicting incisional surgical site infection in patients undergoing open radical cystectomy for bladder cancer [J]. *Int J Clin Oncol*, 2014, 19(5): 935–939.
- [8] Lee MJ, Cizik AM, Hamilton D, et al. Predicting surgical site infection after spine surgery: a validated model using a prospective surgical registry [J]. *Spine J*, 2014, 14(9): 2112–2117.
- [9] Maruo K, Berven SH. Outcome and treatment of postoperative spine surgical site infections: predictors of treatment success and failure [J]. *J Orthop Sci*, 2014, 19(3): 398–404.
- [10] Jalai CM, Worley N, Poorman GW, et al. Surgical site infections following operative management of cervical spondylotic myelopathy: prevalence, predictors of occurrence, and influence on peri-operative outcomes [J]. *Eur Spine J*, 2016, 25(6): 1891–1896.
- [11] Yin D, Liu B, Chang Y, et al. Management of late-onset deep surgical site infection after instrumented spinal surgery [J]. *BMC Surg*, 2018, 18(1): 121.
- [12] Mangram AJ, Horan TC, Pearson ML, et al. Guideline for prevention of surgical site infection. 1999. Centers for Disease Control and Prevention (CDC) Hospital Infection Control Practices Advisory Committee [J]. *Am J Infect Control*, 1999, 27(2): 97–132.
- [13] Fink B, Schuster P, Schwenninger C, et al. A standardized regimen for the treatment of acute postoperative infections and acute hematogenous infections associated with hip and knee arthroplasties [J]. *J Arthroplasty*, 2017, 32(4): 1255–1261.
- [14] Olsen MA, Nepple JJ, Riew KD, et al. Risk factors for surgical site infection following orthopaedic spinal operations [J]. *J Bone Joint Surg Am*, 2008, 90(1): 62–69.
- [15] Bernatz JT, Anderson PA. Thirty-day readmission rates in spine surgery: systematic review and meta-analysis [J]. *Neurosurg Focus*, 2015, 39(4): E7.
- [16] Deguchi M, Shinjo R, Yoshioka Y, et al. The usefulness of serum amyloid A as a postoperative inflammatory marker after posterior lumbar interbody fusion [J]. *J Bone Joint Surg Br*, 2010, 92(4): 555–559.
- [17] Iwata E, Shigematsu H, Koizumi M, 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: 220–225.
- [18] Schinsky MF, Della Valle CJ, Sporer SM, et al. Perioperative testing for joint infection in patients undergoing revision total hip arthroplasty [J]. *J Bone Joint Surg Am*, 2008, 90(9): 1869–1875.
- [19] Takahashi J, Shono Y, Hirabayashi H, et al. Usefulness of white blood cell differential for early diagnosis of surgical wound infection following spinal instrumentation surgery [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2006, 31(9): 1020–1025.
- [20] Radcliff KE, Neusner AD, Millhouse PW, et al. What is new in the diagnosis and prevention of spine surgical site infections [J]. *Spine J*, 2015, 15(2): 336–347.
- [21] Russwurm S, Wiederhold M, Oberhoffer M, et al. Molecular aspects and natural source of procalcitonin [J]. *Clin Chem Lab Med*, 1999, 37(8): 789–797.
- [22] Nijsten MW, Olinga P, The TH, et al. Procalcitonin behaves as a fast responding acute phase protein in vivo and in vitro [J]. *Crit Care Med*, 2000, 28(2): 458–461.
- [23] Giovannella L. Serum procalcitonin and calcitonin normal values before and after calcium gluconate infusion [J]. *Exp Clin Endocrinol Diabetes*, 2012, 120(3): 169–170.
- [24] Assicot M, Gendrel D, Carsin H, et al. High serum procalcitonin concentrations in patients with sepsis and infection [J]. *Lancet*, 1993, 341(8844): 515–518.
- [25] Dandona P, Nix D, Wilson MF, et al. Procalcitonin increase after endotoxin injection in normal subjects [J]. *J Clin Endocrinol Metab*, 1994, 79(6): 1605–1608.
- [26] Aljabi Y, Elshawarby A. Value of C-reactive protein after neurosurgery: a prospective study [J]. *Br J Neurosurg*, 2010, 24(6): 653–659.
- [27] Signore A, Sconfienza LM, Borens O, et al. Consensus document for the diagnosis of prosthetic joint infections: a joint paper by the EANM, EBJIS, and ESR (with ESCMID endorsement) [J]. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*, 2019, 46(4): 971–988.
- [28] Syvänen J, Peltola V, Pajulo O, et al. Normal behavior of plasma procalcitonin in adolescents undergoing surgery for scoliosis [J]. *Scand J Surg*, 2014, 103(1): 60–65.

(收稿日期: 2019-06-17 本文编辑: 王宏)