

• 论 著 • DOI:10.3969/j.issn.1672-9455.2021.17.015

血清 PCT 定量检测对术后血流感染早期诊断及抗菌药物应用中的指导价值

周仲雪^{1,2}, 黄福达², 陈 康^{2△}

1. 新乡医学院, 河南新乡 453003; 2. 广东省中山市人民医院检验医学中心, 广东中山 528400

摘 要:目的 探讨血清降钙素原(PCT)定量检测对术后血流感染早期诊断及指导抗菌药物应用的价值, 为临床抗菌药物治疗提供依据。**方法** 回顾性分析广东省中山市人民医院 2017 年 3 月至 2020 年 6 月收治的 133 例术后感染患者的临床资料, 其中血流感染组 72 例, 局部感染组 61 例, 比较两组 PCT 及白细胞介素(IL)-6 水平, 同时分析白细胞计数(WBC)、中性粒细胞绝对值(NEU#)、中性粒细胞百分比(NEU%)、中性粒细胞与淋巴细胞比值(NLR)、淋巴细胞绝对值(LY#)、淋巴细胞百分比(LY%)等指标。**结果** 血流感染组的 WBC、NEU#、NLR、PCT 及 IL-6 水平均明显高于局部感染组, 差异有统计学意义($P < 0.05$); PCT 联合 IL-6 检测诊断效能最优, 灵敏度达 83.64%, 特异度达 68.66%; 血流感染组中, 革兰阴性菌感染患者血清 PCT 水平明显高于革兰阳性菌感染患者, 差异有统计学意义($P < 0.05$), 其中革兰阴性菌以大肠埃希菌及肺炎克雷伯菌为主, 二者感染患者 PCT 水平分别为 2.64(0.81, 5.91)、6.31(1.17, 10.79)ng/mL; 革兰阳性菌以金黄色葡萄球菌及肺炎链球菌为主, 血清 PCT 水平分别为 0.67(0.32, 0.94)和 2.18(0.90, 3.05)ng/mL。**结论** 定量检测血清 PCT 水平可对术后血流感染进行早期预测, 且能够对术后血流感染的病原菌类型进行进一步推测, 为术后血流感染患者早诊断, 以及合理使用抗菌药物提供依据。

关键词: 术后感染; 血流感染; 抗菌药物; 降钙素原

中图分类号: R446.1

文献标志码: A

文章编号: 1672-9455(2021)17-2512-05

The value of quantitative detection of serum PCT in the early diagnosis of postoperative bloodstream infection and the application of antibiotics

ZHOU Zhongxue^{1,2}, HUANG Fuda², CHEN Kang^{2△}

1. Xinxiang Medical University, Xinxiang, Henan 453003, China; 2. Center of Laboratory Medicine, People's Hospital of Zhongshan, Zhongshan, Guangdong 528400, China

Abstract: **Objective** To investigate the early diagnostic effect of procalcitonin (PCT) and the value of guiding the use of antibiotics on post-operative bloodstream infections (BSI). **Methods** Retrospective analysis of 133 patients (72 cases in BSI group and 61 cases in localized infection group) with post-operative infections from March 2017 to June 2020 in People's Hospital of Zhongshan. All the collected 133 blood samples were detected and analyzed the indicators including serum calcitonin original (PCT), interleukin (IL)-6, white blood cell count (WBC), neutrophils absolute value (NEU#), neutrophil percentage (NEU%), neutrophils and lymphocytes ratio (NLR), lymphocyte absolute value (LY#), lymphocyte percentage (LY%) and soon. **Results** The expression of WBC, NEU#, NLR, PCT, IL-6 in BSI group were higher than those in localized infection group ($P < 0.05$). The diagnostic efficiency of combined detection of PCT and IL-6 was optimal, which sensitivity and specificity were up to 83.64% and 68.66% respectively. Moreover, in BSI group, significantly higher expression of PCT were found in patients with gram negative bacteria infection when compared to gram positive bacteria infection ($P < 0.05$). In gram negative bacteria infection, the bacteria were mainly *E. coli* and *Klebsiella pneumoniae*, whose PCT were 2.64 (0.81, 5.91) and 6.31 (1.17, 10.79)ng/mL, while in gram positive infection, the mainly bacteria were *Staphylococcus aureus* and *Streptococcus pneumoniae*, and the corresponding PCT level were 0.67 (0.32, 0.94) and 2.18 (0.90, 3.05)ng/mL. **Conclusion** PCT could be an early predictive marker of post-operative BSI, and the expression level could help to speculate the possible type of pathogen, which help to provide the basis of early diagnosis of postoperative BSI as well as the accurate usage of antibiotics.

作者简介: 周仲雪, 女, 主管技师, 主要从事感染性标志物研究。△ 通信作者, E-mail: ck521620@163.com。

本文引用格式: 周仲雪, 黄福达, 陈康. 血清 PCT 定量检测对术后血流感染早期诊断及抗菌药物应用中的指导价值[J]. 检验医学与临床, 2021, 18(17): 2512-2516.

Key words: post-operative infection; blood stream infection; antibiotics; procalcitonin

感染是外科患者围手术期的并发症之一,严重影响患者机体功能的恢复,尤其是术后血流感染严重威胁患者的生命,也是导致患者住院时间延长和费用增加的主要原因^[1]。有效的抗感染治疗能大幅降低患者术后并发症的发生率及病死率,当前临床普遍采用抗菌药物经验性用药治疗,缺乏科学依据,造成了不必要的滥用及多种药物不良反应,引起患者肠道菌群失调及耐药菌产生,反而加重病情^[2]。因此,早期快速诊断术后血流感染,并科学合理指导抗菌药物的使用是当前急需解决的课题。本研究回顾性分析了 133 例术后感染患者的血清降钙素原(PCT)水平与临床资料的关系,探讨血清 PCT 定量检测对术后血流感染早期诊断及抗菌药物使用的指导价值。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选择广东省中山市人民医院 2017 年 3 月至 2020 年 6 月收治的 133 例术后感染患者为研究对象,纳入标准:(1)临床诊断怀疑发生术后感染,且进行血清 PCT 定量检测者;(2)年龄 18~65 岁。排除标准:(1)不愿意参与此研究者;(2)合并甲状腺、甲状旁腺疾病者,以及有甲状腺手术史者;(3)检测前已进行抗菌药物治疗者;(4)患有恶性肿瘤正在接受放化疗者;(5)近 3 个月使用过免疫抑制剂者。根据血液培养及伤口分泌物培养结果,分为血流感染组与局部感染组。血流感染组为血液培养阳性者 72 例,其中男 31 例,女 41 例;平均年龄(53.75 ± 1.18)岁;体温(38.56 ± 0.16)℃。局部感染组为伤口分泌物培养阳性且血培养阴性患者 61 例,其中男 34 例,女 27 例;平均年龄(52.00 ± 1.20)岁;体温(38.48 ± 0.68)℃。两组性别、年龄、体温等一般资料比较,差异无统计学意义($P > 0.05$),具有可比性。

1.2 方法

1.2.1 PCT 及其他炎性反应指标的检测方法 血清 PCT、白细胞介素-6(IL-6)定量检测采用罗氏 cobas E601 电化学发光仪及其配套试剂盒,血清 PCT 检测范围为 0.02~100.00 ng/mL,低于检测下限值则报告为 <0.02 ng/mL,高于检测上限值则报告为 >100 ng/mL;血清 IL-6 检测范围为 7~5 000 pg/mL,低于检测下限值则报告为 <7 pg/mL,高于检测上限值则报告为 $>5 000$ pg/mL;血常规参数采用 Sysmex XN-2100 血液分析仪检测;所有操作均严格遵守标 SOP 文件。

1.2.2 微生物培养及鉴定 采用全自动血培养仪及配套血培养瓶(法国生物梅里埃公司)采集患者 10~15 mL 血液标本分别注入需氧和厌氧培养瓶,阳性血培养瓶及其他培养标本接种于血平板、麦康凯平板、

巧克力和沙堡氏培养基中,添加质控菌株 ATCC25922、25923、27853,菌株鉴定采用 GN、GP 及真菌鉴定卡,药敏板和全自动微生物系统 VITEK-2 Compact 仪(法国生物梅里埃公司),所有操作均严格遵守标准操作规程(SOP)文件。

血培养标本采集严格遵守广东省中山市人民医院检验医学中心指定的采集规范,即怀疑患者存在血流感染的可能,且抗菌药物使用之前立即进行血培养标本采集,若患者已进行抗菌药物治疗,则采用含抗菌药物吸附物的培养瓶,并在下一次抗菌药物应用之前进行采集;严格按照双瓶双侧的原则,两次采集间隔时间为 30~60 min;标本采集后立刻运送至临床检验中心进行培养。

1.2.3 体温监测 采用水银体温计测量腋窝法记录患者发生术后血流感染时的体温,即将水银柱甩至 35℃以下,擦干腋窝下的汗液,将水银体温计水银柱端放在患者腋窝深处并贴近皮肤,防止脱落,测量 5~10 min 后取出,记录水银体温计上的数字。

1.3 统计学处理 采用 Graph Pad Prism 5.0 统计软件进行数据处理及统计分析。呈正态分布的计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,组间比较采用 t 检验;呈非正态分布的计量资料以 $M(P_{25}, P_{75})$ 表示,组间比较采用 Mann-Whitney U 检验;计数资料以例数或百分率表示,组间比较采用 χ^2 检验;采用受试者工作特征(ROC)曲线分析不同分界值时的灵敏度和特异度,计算 ROC 曲线下面积(AUC)。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 两组研究对象各项炎性反应指标比较 血流感染组的白细胞计数(WBC)、中性粒细胞绝对值(NEU#)、中性粒细胞与淋巴细胞比值(NLR)、PCT 及 IL-6 水平均明显高于局部感染组,差异有统计学意义($P < 0.05$)。见表 1。

2.2 各项炎性反应指标在术后血流感染及局部感染中的鉴别诊断价值 ROC 曲线分析显示,各项炎性反应指标对术后血流感染早期诊断的 AUC 从高到低依次为 PCT、IL-6、NEU#、WBC、NLR;各项炎性反应指标诊断术后血流感染的诊断性能及 ROC 曲线见表 2 及图 1。

2.3 各项炎性反应指标联合检测对术后血流感染及局部感染的鉴别价值 同时分析 PCT、IL-6、WBC、NEU# 及 NLR 联合检测在鉴别术后血流感染组和局部感染组中的价值,发现 PCT 与 IL-6 联合检测是最优组合,灵敏度达 83.64%,特异度达 68.66%,见表 3。

表 1 两组研究对象各项炎症反应指标比较

组别	<i>n</i>	WBC($\bar{x}\pm s, \times 10^9/L$)	NEU# ($\bar{x}\pm s, \times 10^9/L$)	NEU% ($\bar{x}\pm s, \%$)	LY# ($\bar{x}\pm s, \times 10^9/L$)
血流感染组	72	13.56±0.87	11.18±0.84	80.58±1.04	1.48±0.11
局部感染组	61	11.22±0.56	8.92±0.48	78.68±1.18	1.51±0.14
<i>P</i>		0.032 2	0.027 3	0.225 4	0.856 9

组别	<i>n</i>	LY% ($\bar{x}\pm s, \%$)	NLR($\bar{x}\pm s$)	PCT[$M(p_{25}, P_{75})$, ng/mL]	IL-6[$M(p_{25}, P_{75})$, pg/mL]
血流感染组	72	12.25±0.77	10.76±1.24	1.99(0.59, 3.51)	113.30(29.2, 407.9)
局部感染组	61	13.87±0.95	7.84±0.64	0.56(0.29, 0.94)	34.90(9.9, 91.0)
<i>P</i>		0.182 9	0.049 4	<0.000 1	<0.000 1

注:NEU%为中性粒细胞百分比;LY#为淋巴细胞绝对值;LY%为淋巴细胞百分比。

表 2 各项炎症反应指标在术后血流感染及局部感染中的鉴别诊断价值

项目	AUC	95%可信区间	截断值	灵敏度(%)	特异度(%)	约登指数	阳性似然比
WBC	0.570 8	0.473 5~0.668 1	$17.400 \times 10^9/L$	95.08	20.83	0.159 2	1.20
NEU#	0.577 4	0.480 3~0.674 5	$7.940 \times 10^9/L$	49.18	68.06	0.172 4	1.54
NLR	0.555 8	0.457 8~0.653 8	11.160	80.33	55.33	0.136 6	1.20
PCT	0.748 3	0.665 3~0.831 3	1.155 0 ng/mL	85.25	61.11	0.463 5	2.19
IL-6	0.706 3	0.613 1~0.799 6	140.800 pg/mL	89.09	46.97	0.360 6	1.68

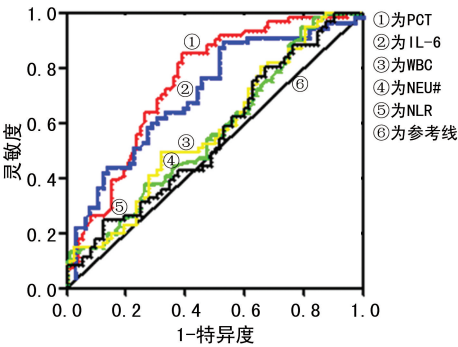


图 1 各项炎症反应指标在鉴别术后血流感染及局部感染中的 ROC 曲线分析

表 3 各项炎症反应指标联合检测在术后血流感染及局部感染中的鉴别价值

项目	AUC	95%可信区间	灵敏度 (%)	特异度 (%)
PCT+IL-6	0.809	0.728~0.874	83.64	68.66
PCT+WBC	0.740	0.657~0.813	72.77	61.11
PCT+NEU#	0.744	0.661~0.816	75.41	62.50
PCT+NLR	0.748	0.666~0.819	68.85	62.50
IL-6+WBC	0.619	0.527~0.705	41.82	68.65
IL-6+NEU#	0.624	0.532~0.710	45.40	70.15
IL-6+NLR	0.643	0.552~0.728	47.27	68.66
WBC+NEU#	0.574	0.486~0.660	48.62	65.28
WBC+NLR	0.519	0.491~0.664	40.98	66.67
NEU#+NLR	0.574	0.485~0.659	39.34	63.89
PCT+IL-6+WBC	0.788	0.705~0.857	80.00	70.15
PCT+IL-6+NEU#	0.791	0.708~0.859	80.00	68.66
PCT+IL-6+NLR	0.788	0.704~0.856	70.91	65.67
PCT+IL-6+WBC+NEU#+NLR	0.910	0.708~0.959	76.36	68.66

2.4 各项炎症反应指标在术后血流感染不同类型细菌中的鉴别价值 革兰阴性菌感染患者血清 PCT 水平明显高于革兰阳性菌感染患者,差异有统计学意义 ($P<0.05$),见表 4。血清 PCT 水平在鉴别术后血流感染不同类型细菌中的 AUC 为 0.761 3,95%可信区间为 0.653 0~0.869 6,截断值为 1.865 ng/mL,灵敏度为 74.07%,特异度为 66.67%,约登指数为 0.407 4,阳性似然比 2.22,ROC 曲线分析见图 2。

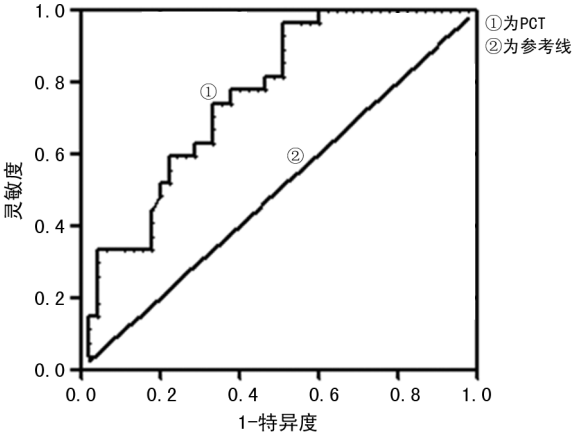


图 2 PCT 在鉴别术后血流感染革兰阴性菌和革兰阳性菌中的 ROC 曲线

2.5 血清 PCT 在不同类型细菌导致的术后血流感染中的表达水平 72 例血流感染患者中,革兰阴性菌感染 45 例,占 62.50%,以大肠埃希菌、肺炎克雷伯菌为主;革兰阳性菌感染 27 例,占 37.50%,以金黄色葡萄球菌、表皮葡萄球菌、肺炎链球菌为主;不同类型细菌导致的术后血流感染患者血清 PCT 水平见表 5。

表 4 各项炎性反应指标在术后血流感染不同类型细菌中的鉴别价值[$\bar{x}\pm s$ 或 n/n 或 $M(P_{25}, P_{75})$]

细菌类型	<i>n</i>	年龄(岁)	性别(男/女)	体温(℃)	WBC($\times 10^9/L$)	NEU#($\times 10^9/L$)	NEU%(%)
革兰阴性菌	45	54.80±1.442	21/24	38.89±0.28	14.10±1.317	11.74±1.284	80.49±1.362
革兰阳性菌	27	52.00±2.034	10/17	38.40±0.49	12.66±0.782	10.26±0.691	80.74±1.622
<i>P</i>		0.254 7	>0.05	0.193 6	0.430 8	0.397 5	0.907 6

细菌类型	<i>n</i>	LY#($\times 10^9/L$)	LY%(%)	NLR	PCT(ng/mL)	IL-6(pg/mL)
革兰阴性菌	45	1.501±0.148	12.39±1.032	11.24±1.737	2.65(1.03,6.51)	132.6(35.6,407.9)
革兰阳性菌	27	1.454±0.142	12.02±1.134	9.922±1.620	0.84(0.32,1.85)	85.95(26.3,392.9)
<i>P</i>		0.830 8	0.817 2	0.624 4	0.000 2	0.901 1

表 5 血清 PCT 水平在不同类型细菌导致的术后血流感染者中的差异

病原体类型	<i>n</i>	百分比(%)	PCT[$M(P_{25}, P_{75})$, ng/mL]
革兰阴性菌	45	62.50	2.65(1.03,6.51)
大肠埃希菌	21	29.17	2.64(0.81,5.91)
肺炎克雷伯菌	10	13.89	6.31(1.17,10.79)
鲍曼不动杆菌	4	5.56	2.79(2.33,3.26)
铜绿假单胞菌	6	8.33	4.13(2.48,4.96)
黏质沙雷氏菌	2	2.78	0.44(0.44,0.45)
恶臭假单胞菌*	1	1.39	0.52
阴沟肠杆菌*	1	1.39	1.23
革兰阳性菌	27	37.50	0.84(0.32,1.85)
金黄色葡萄球菌	8	11.11	0.67(0.32,0.94)
表皮葡萄球菌	3	4.17	0.84(0.31,1.26)
肺炎链球菌	5	6.94	2.18(0.90,3.05)
粪肠球菌	3	4.17	0.35(0.16,3.1)
溶血葡萄球菌	4	5.56	1.19(0.28,3.16)
藤黄微球菌	2	2.78	0.14,1.85
缓征链球菌*	1	1.39	0.68
唾液链球菌*	1	1.39	1.27

注：* 由于感染菌株较少，PCT 水平采用原始数据表示。

3 讨 论

近年来,随着医疗技术的不断发展,以及广谱抗菌药物、放化疗技术和免疫抑制剂的广泛使用,新的病原体和耐药菌不断出现,术后感染患者的并发症和死亡风险明显升高。术后感染主要包括外科切口部位感染、导管相关血流感染、肺炎、泌尿道感染等,而血流感染是指细菌、真菌等病原体入侵血流所致的一种全身感染性疾病,诱导机体产生全身炎症反应综合征,严重者可引起脓毒症或脓毒性休克,甚至死亡。病原学检测是诊断感染性疾病的金标准,但细菌培养时间长,且不同实验室诊断阳性率差异较大。此外,培养出的细菌是代表感染还是定植菌尚有争议。良好的生物标志物如 PCT 的检测可以为抗感染治疗提供可靠的信息,从而有效辅助临床做好术后的预防控

制,指导抗菌药物的合理使用^[3-4]。

由于术后创伤及切口周围脂肪组织液化也可造成体温升高及炎性反应,导致术后感染难以做到早期识别^[5]。本研究定量检测了术后血流感染患者血清 PCT 水平,同时分析 WBC、NEU#、NEU%、LY#、LY%、NLR 等血细胞指标及 IL-6 水平,结果显示血流感染组 WBC、NEU#、NLR、PCT 及 IL-6 明显高于局部感染组。ROC 曲线分析显示,PCT 对术后血流感染的早期预测价值优于其他炎性反应指标,其 AUC 为 0.748 3,诊断灵敏度和特异度分别为 85.25%、61.11%,与之前的研究结论一致,但 PCT 的诊断效能却低于之前的研究^[6]。原因在于本研究纳入的研究对象均为术后感染患者,以局部感染患者为对照,PCT 的诊断效能在于鉴别术后血流感染与局部感染,而之前的研究采用非感染患者作为对照,在外科大手术后 PCT 可短暂升高,因此,建议手术后连续监测 PCT 的动态变化,更有利于早期发现术后细菌感染。本研究结果同样显示,单一的感染指标鉴别诊断术后血流感染与局部感染特异度较低,而 PCT 与 IL-6 联合检测可提高诊断的灵敏度(83.64%)及特异度(68.66%),与刘其飞等^[7]的研究结论一致。

正常生理条件下,PCT 是一种由甲状腺 C 细胞合成的降钙素前体蛋白,其血清中水平极低,且无激素活性。在炎性反应刺激,特别是细菌感染和脓毒血症状态下,机体多个组织、多种细胞类型均可产生 PCT,并释放进入血液循环系统,2~4 h 开始升高,6~8 h 即可达到高峰,半衰期为 22~26 h^[8-9]。有研究表明,PCT 的表达受机体细胞因子及内毒素等因素影响,PCT 在不同类型病原体感染情况下血清水平有所不同^[10]。本研究分析了 PCT、IL-6 及其他血细胞炎性反应指标在革兰阳性菌和革兰阴性菌感染患者中的水平,结果显示术后革兰阴性菌导致的血流感染患者血清 PCT 水平明显高于革兰阳性菌导致的血流感染患者,与之前的研究结论一致^[11-12],且 ROC 曲线显示,血清 PCT 鉴别术后血流感染患者是感染革兰阳性菌还是革兰阴性菌感染的 AUC 为 0.761 3,诊断灵

敏度和特异度分别为 74.07%、66.67%。目前,当怀疑患者发生感染时,首先留取相应标本进行细菌培养,然后进行经验性用药,通常选用广谱抗菌药物,导致抗菌药物的滥用,且易诱导耐药菌的突变。本研究发现,PCT 可鉴别术后血流感染患者感染的病原菌类型,表明血清 PCT 水平在指导抗菌药物使用方面具有重要价值。此外,本研究进一步分析了术后血流感染患者感染菌群分布及相对应的血清 PCT 水平,其中革兰阴性菌以大肠埃希菌及肺炎克雷伯菌为主,PCT 水平分别为 2.64(0.81,5.91)和 6.31(1.17,10.79);革兰阳性菌以金黄色葡萄球菌及肺炎链球菌为主,血清 PCT 水平分别为 0.67(0.32,0.94)和 2.18(0.90,3.05),因此,血清 PCT 水平变化可作为细菌感染情况的重要指标。临床医师可根据患者血清 PCT 水平,同时结合近期血流感染流行病学特征及临床表现来决定使用何种类型抗菌药物,更加精确地指导抗菌药物的使用。

综上所述,定量检测血清 PCT 水平可对术后血流感染发生进行早期预测,且能够对术后血流感染的病原菌类型进行推测,对术后血流感染患者进行早期鉴别诊断,并为合理使用抗菌药物提供依据,减少抗菌药物的使用强度,避免并发症发生及降低血流感染相关病死率,帮助患者早日康复。

参考文献

[1] ALFOUZAN W, AL F M, ABDO N, et al. Surgical site infection following cesarean section in a general hospital in Kuwait: trends and risk factors[J]. *Epidemiol Infect*, 2019, 147: e287.

[2] 苏维. 降钙素原在感染性疾病中应用的研究进展[J]. *中国当代医药*, 2019, 26(21): 27-29.

[3] 慕婉晴. 降钙素原(PCT)在脓毒症临床诊断治疗中作用

(上接第 2511 页)

[9] 武银银, 顾文婧, 张新星, 等. 2007 年至 2016 年苏州地区儿童呼吸系统革兰阴性杆菌感染构成及耐药性分析[J]. *中华实用儿科临床杂志*, 2019, 34(10): 734-739.

[10] BHUIYAN M, SNELLING T L, WEST R, et al. Role of viral and bacterial pathogens in causing pneumonia among Western Australian children: a case-control study protocol [J]. *BMJ Open*, 2018, 8(3): e020646.

[11] 索风涛, 江李莉, 万娇, 等. 316 例重症肺炎患儿细菌病原及耐药性分析[J]. *临床儿科杂志*, 2019, 37(2): 86-88.

[12] LIU J, LIU F, LIU Y, et al. Lung ultrasonography for the diagnosis of severe neonatal pneumonia[J]. *Chest*, 2014, 146(2): 383-388.

[13] LIU J, CHI J H, REN X L, et al. Lung ultrasonography to

的研究进展[J]. *复旦学报(医学版)*, 2019, 46(1): 103-107.

[4] 陈鹏飞. 降钙素原检测在抗生素应用中的意义[J]. *河南医学研究*, 2017, 26(4): 641-642.

[5] 段新亚, 卢绍蓉, 王宏泽. CD4 T 淋巴细胞水平与肺结核患者发病的相关性研究[J]. *云南医药*, 2019, 40(1): 88-90.

[6] 蒋迪, 江文杰, 马铁梁. 降钙素原、CD64%、中性粒细胞/淋巴细胞比值、C 反应蛋白在监测早期细菌血流感染中的临床意义[J]. *检验医学与临床*, 2020, 17(18): 2623-2625.

[7] 刘其飞, 钱玉英, 张在清. 血清炎症指标变化在骨折术后感染早期诊断中的应用价值[J]. *检验医学与临床*, 2020, 17(16): 2295-2298.

[8] VERMA N, KAPOOR S, RAO D, et al. PCT as a prognostic marker in cardiac patients with neutropenic sepsis: two case reports[J]. *Indian J Clin Biochem*, 2014, 29(1): 107-111.

[9] LIMPER M, DE KRUIF M D, DUIJS A J, et al. The diagnostic role of procalcitonin and other biomarkers in discriminating infectious from non-infectious fever[J]. *J Infect*, 2010, 60(6): 409-416.

[10] BRODSKA H, MALICKOVA K, ADAMKOVA V, et al. Significantly higher procalcitonin levels could differentiate Gram-negative sepsis from Gram-positive and fungal sepsis[J]. *Clin Exp Med*, 2013, 13(3): 165-170.

[11] LELI C, FERRANTI M, MORETTI A, et al. Procalcitonin levels in gram-positive, gram-negative, and fungal bloodstream infections[J]. *Dis Markers*, 2015, 2015: 701480.

[12] LI S, RONG H, GUO Q, et al. Serum procalcitonin levels distinguish Gram-negative bacterial sepsis from Gram-positive bacterial and fungal sepsis[J]. *J Res Med Sci*, 2016, 21: 39.

(收稿日期: 2020-12-26 修回日期: 2021-04-21)

diagnose pneumothorax of the newborn[J]. *Am J Emerg Med*, 2017, 35(9): 1298-1302.

[14] RODRÍGUEZ-FANJUL J, BALCELLS C, ALDECOA-BILBAO V, et al. Lung ultrasound as a predictor of mechanical ventilation in neonates older than 32 weeks[J]. *Neonatology*, 2016, 110(3): 198-203.

[15] 张功武, 钱惠. 本院抗菌药物临床应用与细菌耐药情况分析[J]. *儿科药学杂志*, 2013, 19(3): 35-38.

[16] 高凯杰, 杨俊文, 方盼盼, 等. 2017 年郑州大学附属儿童医院细菌耐药性监测[J]. *中国感染与化疗杂志*, 2019, 19(2): 180-186.

(收稿日期: 2020-12-30 修回日期: 2021-04-01)