



开放科学  
(资源服务)  
标识码(OSID)

# 降钙素原与白细胞计数联合检测在维持性血液透析患者合并肺部感染中的临床诊断价值

杨琨 李沁芸 刘佳丽 夏成云 张和平  
637099 南充, 川北医学院附属医院肾内科

**【摘要】 目的** 探讨降钙素原(procalcitonin, PCT)、白细胞计数(WBC)在维持性血液透析(maintenance hemodialysis, MHD)患者合并肺部感染中的临床应用价值。**方法** 收集 2017 年 6 月至 2018 年 12 月在川北医学院附属医院血液净化中心行 MHD 治疗且肺部感染诊断明确的 87 例患者作为感染组, 同时期无肺部感染或其他部位感染的 MHD 患者共 75 例作为非感染组, 收集患者的一般资料及临床检验资料, 包括年龄、性别、体质量指数、原发病、血常规、血生化、甲状腺旁腺激素、C 反应蛋白、PCT 等进行回顾性分析。**结果** (1) 与非感染组相比, 感染组的白蛋白、总胆固醇水平明显降低; WBC、中性粒细胞百分比、PCT、C 反应蛋白水平明显升高, 差异有统计学意义( $P < 0.05$ )。(2) 多因素 Logistic 回归分析结果提示: PCT( $OR = 70.625, 95\%CI 13.783 \sim 361.891, P < 0.05$ )、WBC( $OR = 1.435, 95\%CI 1.133 \sim 1.817, P < 0.05$ )是 MHD 患者合并肺部感染的独立危险因素。(3) PCT、WBC、PCT + WBC 两者联合诊断 MHD 患者合并肺部感染的受试者工作特征曲线下面积分别为 0.880(0.828~0.932)、0.717(0.638~0.797)和 0.905(0.859~0.951)(均  $P < 0.05$ )。**结论** PCT、WBC 是 MHD 患者合并肺部感染的独立危险因素, PCT 与 WBC 两者联合检测对肺部感染的诊断效能更优。

**【关键词】** 降钙素原; 白细胞计数; 血液透析; 肺部感染; 联合检测

DOI: 10.3969/j.issn.1671-2390.2020.07.006

**Clinical significance of procalcitonin and leukocyte count in diagnosis of complicated pulmonary infection in patients with maintenance hemodialysis** YANG Kun, LI Qin-yun, LIU Jia-li, XIA Cheng-yun, ZHANG He-ping. Department of Nephrology, Affiliated Hospital of North Sichuan Medical College, Nanchong 637099, China

Corresponding author: YANG Kun, E-mail: yk979834606@163.com

**【Abstract】 Objective** To investigate the clinical value of procalcitonin (PCT) and white blood cell count (WBC) in diagnosis of complicated pulmonary infection in patients with maintenance hemodialysis. **Methods** A total of 87 patients were selected as the infection group, who underwent maintenance hemodialysis (MHD) in Blood Purification Centre, Affiliated Hospital of North Sichuan Medical College from June 2017 to December 2018, and complied with diagnosis criteria of pulmonary infection in clinical examinations, imaging examinations and laboratory tests. A total of 75 MHD patients without pulmonary infection or other site infection in the same period were selected as the non-infection group. General data and clinical examination data of all the above patients were collected, including age, sex, body mass index, primary disease, blood routine, blood biochemistry, parathyroid hormone, C-reactive protein (CRP), PCT and so on. Retrospective analysis was done on the data after enrollment. **Results** (1) Compared with the non-in-

fection group, the levels of albumin and total cholesterol in the infection group were significantly lower, while the levels of WBC, neutrophil percentage, PCT and CRP were significantly higher ( $P < 0.05$ ). (2) Multivariate Logistic regression analysis showed that PCT ( $OR = 70.625, 95\%CI 13.783 \sim 361.891, P < 0.05$ ) and WBC ( $OR = 1.435, 95\%CI 1.133 \sim 1.817, P < 0.05$ ) were independent risk factors for pulmonary infection in MHD patients. (3) The areas under the receiver operating characteristic curve of PCT, WBC and PCT + WBC for the combined diagnosis of maintenance hemodialysis patients with pulmonary infection were 0.880(0.828~0.932), 0.717(0.638~0.797) and 0.905(0.859~0.951) ( $P < 0.05$ ), respectively. **Conclusions** PCT and WBC are independent risk factors of pulmonary infection in MHD patients. The combined detection of PCT and WBC is more effective in the diagnosis of pulmonary infection in MHD patients.

**【Key words】** Procalcitonin; Leukocyte count; Hemodialysis; Pulmonary infection; Combined detection

慢性肾脏病(CKD)是一个重要的全球性公共卫生问题,其特点是肾单位的渐进性和不可逆性丢失。维持性血液透析(maintenance hemodialysis, MHD)是终末期肾病(ESRD)患者目前最常用的肾脏替代疗法<sup>[1]</sup>。MHD患者由于反复输血、长期营养不良、体外循环操作等导致免疫力低下,其感染率增加。Judith等人<sup>[2]</sup>跟踪了168156名在欧洲肾脏协会、欧洲透析和移植协会注册的MHD患者,与普通人群相比,MHD患者的感染相关死亡率增加了82倍,16.2%患者的死亡是由感染引起的,占第二位死因,由此说明感染是ESRD透析患者死亡的主要原因。日本也有研究指出,感染是MHD患者死亡的第二常见原因,仅次于心血管疾病<sup>[3]</sup>。因此MHD患者对于感染性疾病正确的管理和对心血管疾病管理同样重要。

肺部感染是血液透析患者主要的感染类型,且以细菌感染为主,患者常有咳嗽、咳痰、发热等临床表现。目前评估感染的指标有很多,白细胞计数(WBC)是血常规中常用于评估感染的一个指标,有研究发现WBC在败血症诊断中具有较高的敏感性。在细菌性感染的诊断和治疗中最广泛使用的急性期反应物是降钙素原(procalcitonin, PCT)和C反应蛋白(C-reactive protein, CRP)。这些急性期反应物不是感染所特有的,也可能在其他引起炎症的病例中显示增加。由于血液透析引起的免疫刺激以及尿毒症引起的代谢和免疫紊乱使MHD患者处于微炎症状态,可导致急性期反应物升高<sup>[4]</sup>。因此,用于细菌性感染诊断的炎症参数在这MHD患者中可能会产生误导。这使得血液透析患者细菌感染的诊断和治疗变得困难,可能导致不必要使用抗菌药物,并导致这些患者对其产生耐药性。本研究探讨PCT、WBC在MHD患者合并肺部感染中的临床价值。

## 资料与方法

### 一、研究对象

选取2017年6月至2018年12月在川北医学院附属医院血液净化中心行MHD治疗的患者162例,年龄18~75岁,其中男性85例,女性77例;平均(55.3±15.4)岁;所有患者均采用标准碳酸氢盐透析,血流量200~300 mL/min,透析液流量500 mL/min;2~3次/周,3~4 h/次。纳入标准:(1)年龄在18~75岁;(2)规律血液透析治疗大于3个月;(3)检查结果完整包含PCT、CRP、血常规、血生化等。排除标准:(1)存在自身免疫性疾病、血液系统疾病、恶性肿瘤疾病者;(2)感染已经达肺外及全身多部位感染;(3)患有使用免疫抑制、免疫调节或抗炎药物等疾病者;(4)病历不完整者;(5)妊娠期妇女。本研究经过我院伦理委员会审批同意[伦理审批号:2020ER(A)034]。

### 二、方法

1. 分组 按上述标准纳入的MHD患者,肺部感染诊断标准参考中华医学会呼吸病学分会制定的《中国成人社区获得性肺炎诊断和治疗指南(2016年版)》<sup>[5]</sup>。患者有咳嗽、咳痰,伴或不伴发热,肺部CT提示肺部炎症改变,有或无血培养、痰培养阳性结果;MHD合并肺部感染为感染组,共87例,无合并感染为非感染组,共75例,2组患者一般资料比较,差异无统计学意义( $P > 0.5$ ),具有可比性。

2. 收集资料 收集患者的一般资料以及肾脏病原发病等相关资料,所有患者均在透析前采集空腹静脉血。样本采集1 h后送至我院检验科,所有实验室指标均采用自动化标准方法进行检测,血肌酐、尿素、白蛋白、总胆固醇、低密度脂蛋白、高密度脂蛋白、甲状旁腺激素、CRP、PCT等指标分别应用川北医学院

附属医院检验科日本希森美康公司 XN9000 血球分析仪、贝克曼 AU5800 自动生化仪检测。

### 三、统计学处理

所有数据均采用 SPSS 23.0 统计软件进行分析。正态分布的计量数据用  $\bar{x} \pm s$  表示,非正态分布的计量数据用中位数 ( $P50$ )及四分位数间距 ( $P25, P75$ )表示,计数资料以数字或百分比表示。比较两组正态分布的数据采用  $t$  检验,比较两组非正态分布的数据采用 Mann-Whitney  $U$  检验。多组间比较采用方差分析。计数资料组间比较采用  $\chi^2$  检验。应用 Logistic 回归分析进行多变量分析,计算优势比 ( $OR$ )和 95% 置信区间 ( $CI$ )。  $P < 0.05$  被认为具有统计学意义。采用受试者工作特征曲线 ( $ROC$ )计算各检测指标对 MHD 患者合并肺部感染的预测值、敏感度和特异度;  $P < 0.05$  为差异具有统计学意义。

## 结 果

### 一、入组患者的一般资料及实验室检查结果

共 162 例患者入选本研究,其中男性 85 例,女性 77 例;平均 ( $55.3 \pm 15.4$ ) 岁;原发病:慢性肾小球肾炎 100 例,糖尿病肾病 29 例,高血压肾病 19 例,其他 14 例(包括梗阻性肾病、痛风性肾病、多囊肾等)。按照有无合并肺部感染分为感染组和非感染组,分别为 87 例和 75 例,两组患者的年龄、性别、身高、体质量、BMI、原发病等一般资料无明显差异 ( $P > 0.05$ )。两组的实验

室指标中,尿素、肌酐、甲状旁腺激素、尿酸、高密度脂蛋白、低密度脂蛋白、三酰甘油、红细胞、血小板、血红蛋白比较无明显差异 ( $P > 0.05$ )。感染组白蛋白、总胆固醇明显低于非感染组,差异具有统计学意义 ( $P < 0.05$ );感染组 WBC、中性粒细胞比值、PCT、CRP 明显高于非感染组,差异有统计学意义 ( $P < 0.05$ )。(表 1)

### 二、MHD 患者合并肺部感染的 Logistic 回归分析

以肺部感染为因变量,白蛋白、总胆固醇、WBC、中性粒细胞比值、CRP、PCT 为自变量,进行单变量和多变量 Logistic 回归分析。结果表明,PCT ( $OR = 70.625, 95\% CI 13.783 \sim 361.891, P < 0.05$ )、WBC ( $OR = 1.435, 95\% CI 1.133 \sim 1.817, P < 0.05$ ) 是 MHD 患者肺部感染的独立危险因素。(表 2)

三、MHD 合并肺部感染炎症指标的 ROC 曲线  
预测肺部感染的 PCT 和 WBC 的 ROC 曲线下面积分别为 0.880 和 0.717,95%  $CI$  分别为 (0.828 ~ 0.932) 和 (0.638 ~ 0.797) (均  $P < 0.05$ )。PCT + WBC 两者联合预测肺部感染的 ROC 曲线下面积为 0.905,95%  $CI$  为 (0.859 ~ 0.951) ( $P < 0.05$ )。PCT 预测肺部感染的敏感性和特异性分别为 73.56% 和 94.67%;WBC 预测肺部感染的敏感性和特异性分别为 59.77% 和 85.33%。PCT + WBC 两者联合预测肺部感染的敏感性和特异性分别为 78.16% 和 90.67%。(图 1)

表 1 入组患者的一般资料及实验室结果

项目	总体 ( $n = 162$ )	感染组 ( $n = 87$ )	非感染组 ( $n = 75$ )	$P$ 值
年龄/岁	56.00(46.00,65.25)	56.00(46.00,65.00)	54.00(46.00,66.00)	0.890
男性/例	85	51	34	0.091
身高/cm	160.2 ± 7.7	161.1 ± 6.8	159.0 ± 8.5	0.082
体质量/kg	57.0 ± 10.2	57.2 ± 9.0	56.7 ± 11.6	0.771
BMI/( $cm \cdot kg^{-2}$ )	22.2 ± 3.4	22.0 ± 3.3	22.3 ± 3.6	0.534
原发病/例				0.990
慢性肾小球肾炎	100	54	46	
糖尿病肾病	29	16	13	
高血压肾病	19	10	9	
其他	14	7	7	
eGFR/ [ $mL \cdot min^{-1} \cdot (1.73 m^2)^{-1}$ ]	7.33(5.63,10.21)	7.36(5.70,10.26)	7.30(5.51,10.20)	0.729
尿素/( $mmol \cdot L^{-1}$ )	21.60(15.77,30.65)	20.22(15.74,30.04)	22.60(16.20,31.70)	0.584
肌酐/( $\mu mol \cdot L^{-1}$ )	734.50(551.25,888.92)	752.00(563.70,862.50)	715.50(530.00,894.20)	0.817
甲状旁腺激素/( $pg \cdot mL^{-1}$ )	251.00(123.00,445.75)	235.00(116.70,388.20)	293.90(125.00,495.60)	0.344
尿酸/( $\mu mol \cdot L^{-1}$ )	456.20(378.12,546.82)	448.10(360.80,587.50)	471.30(382.30,538.80)	0.756
白蛋白/( $g \cdot L^{-1}$ )	34.3 ± 6.2	33.0 ± 7.0	35.8 ± 4.6	0.003
总胆固醇/( $mmol \cdot L^{-1}$ )	4.2 ± 1.2	4.0 ± 1.2	4.4 ± 1.2	0.031
高密度脂蛋白/( $mmol \cdot L^{-1}$ )	1.2 ± 0.4	1.1 ± 0.4	1.3 ± 0.4	0.053
低密度脂蛋白/( $mmol \cdot L^{-1}$ )	2.2 ± 0.8	2.0 ± 0.8	2.3 ± 0.8	0.057
三酰甘油/( $mmol \cdot L^{-1}$ )	1.6 ± 1.0	1.6 ± 1.0	1.6 ± 1.1	0.786
WBC/( $10^9 \cdot L^{-1}$ )	7.3 ± 3.7	9.6 ± 3.4	5.8 ± 1.7	<0.001
红细胞/( $10^9 \cdot L^{-1}$ )	2.9 ± 0.8	3.0 ± 0.7	2.9 ± 0.9	0.983
血小板/( $10^{12} \cdot L^{-1}$ )	144.50(94.75,187.00)	156.00(98.00,189.00)	140.00(87.00,179.00)	0.186
血红蛋白/( $g \cdot L^{-1}$ )	82.00(70.00,98.00)	83.00(70.00,97.00)	82.00(71.00,99.00)	0.909
中性粒细胞比值/%	74.30(65.77,81.42)	78.00(68.70,86.10)	70.50(63.10,76.90)	<0.001
CRP/( $ng \cdot mL^{-1}$ )	5.61(1.59,22.19)	12.84(4.56,5.14)	2.52(1.02,10.40)	<0.001
PCT/( $ng \cdot mL^{-1}$ )	0.47(0.23,1.33)	1.13(0.56,2.83)	0.25(0.14,0.45)	<0.001

表 2 MHD 患者合并肺部感染患者的 Logistic 回归分析

变量	单因素		多因素	
	OR(95%CI)	P 值	OR(95%CI)	P 值
白蛋白	0.918 (0.864~0.974)	0.005	—	—
总胆固醇	0.755 (0.582~0.979)	0.034	—	—
WBC	1.416 (1.210~1.658)	<0.001	1.435 (1.133~1.817)	0.003
中性粒细胞比 值	1.065 (1.032~1.100)	<0.001	—	—
CRP	1.057 (1.029~1.086)	<0.001	—	—
PCT	57.047 (12.794~254.354)	<0.001	70.625 (13.783~361.891)	<0.001

细菌性肺部感染是 MHD 患者常见类型,临床上常采用 CRP、外周血细胞计数等多种方式当作辅助方式进行诊断。虽然 CRP 能够反映存在炎性介质时候的反应蛋白情况,但是有许多其他因素可影响 CRP,如组织损伤、应激反应、生理性峰值等,因此,CRP 诊断肺部感染的特异性低<sup>[10]</sup>。大部分 MHD 患者受到营养不良、抵抗力低下等影响,其血常规中 WBC 及中性粒细胞计数升高多不明显,而且一些细胞因子和粒细胞集落刺激因子都可引起 WBC 的改变,故 WBC 对于感染因素判断的准确性很低。且无典型的全身性临床表现容易造成肺部感染的误诊导致延误治疗,不利于患者预后。

自 1993 年,PCT 首次被描述为排除细菌感染、提高脓毒症诊断的一种炎症标志物<sup>[11]</sup>,在一般人群中,比传统的检测指标(包括 CRP)更可靠、更准确地减少不适当的抗菌药物使用<sup>[12]</sup>。最近的研究发现,PCT 在 CKD 患者全身细菌感染的诊断中具有优势<sup>[13-14]</sup>。PCT 是一种分子量约为 13 kDa 的 116 氨基酸肽<sup>[15]</sup>。健康个体血清 PCT 水平较低(< 0.10 ng/mL)。在细菌感染引起的严重脓毒症中,血清 PCT 水平超过 0.5 ng/mL<sup>[16]</sup>。最近报道,在没有任何感染性疾病的血液透析患者中,透析前血中 PCT 水平为 0.24~0.26 ng/mL,明显高于一般人群(0.046 ng/mL)<sup>[4,17]</sup>。现仍然难以解释 MHD 患者 PCT 水平增加的机制。其原因可能是肾功能不全导致的清除率降低,有研究表明,CKD 患者的 PCT 水平与肾功能有很强的相关性<sup>[18]</sup>。此外,Park 等<sup>[8]</sup>研究提示微炎症也可能起到一定的作用。众所周知,非特异性慢性炎症可能在各种 CKD 特异性并发症(如营养不良和动脉粥样硬化)的发生中发挥关键作用<sup>[19]</sup>。Herget 等<sup>[20]</sup>提供了一种独特的理论,说明微炎症状态可能在 CKD 患者 PCT 水平增加中起作用,他们证实,ESRD 患者外周血单核细胞产生的 PCT 量大于其他患者,这些发现表明,在不依赖肾脏清除率的情况下,PCT 可通过单核细胞激活增加对 CKD 特异性低级炎症的反应。因此,ESRD 患者的 PCT 截止水平一般为 0.5 ng/mL。在我们的研究中,PCT 的最佳截止浓度 0.67 ng/mL,与以往的研究相一致。本研究中多因素 Logistic 回归分析提示 PCT、WBC 是 MHD 患者肺部感染的独立危险因素,具有统计学意义,ROC 曲线提示 PCT+WBC 两者联合诊断肺部感染的敏感性和特异性分别为 78.16%和 90.67%,较两者分别单独诊断肺部感染的敏感性和特异性均升高。

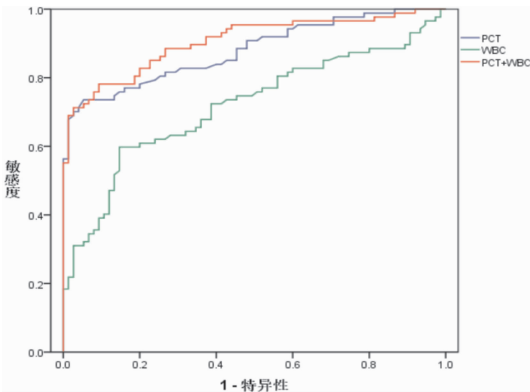


图 1 PCT、WBC 单独及两者联合预测维持性血液透析患者肺部感染的 ROC 曲线图

### 讨 论

MHD 患者由于抵抗力低下,其感染性疾病的发生率高于正常人群。James 等<sup>[6]</sup>报告的一项社区研究,发现低 GFR 患者有较高的住院和死亡风险。感染增加了 ESRD 的病死率,最近美国的数据亦表明脓毒症是其第二大死因<sup>[7]</sup>。一般来说,细菌感染的疾病是 MHD 患者住院的最重要原因之一,而肺部感染是血液透析患者主要的感染类型。当 MHD 患者机体抵抗力降低时无法有效抑制病原体不断增加,毒力不断增强,同时,病原体通过血流传播、上呼吸道定植菌误吸、空气吸入、感染部位蔓延等方式引发肺部感染,这些患者往往会发展出与尿毒症相关的淋巴细胞和粒细胞功能紊乱,这种紊乱增加了 MHD 患者对细菌感染性疾病的易感性。因此,细菌感染性疾病是 MHD 患者发病和死亡的重要原因<sup>[8-9]</sup>。

肺部感染是由于真菌、细菌、病毒等多种病原体感染导致其肺部发生炎症反应,如果在早期进行有效的诊断以及针对性的治疗,能够有效的改善预后。

感染是影响 CKD 住院率及死亡率的主要因素之一,有研究报道 CKD 患者发生社区感染主要以呼吸道感染为主,且年龄 > 60 岁、白蛋白  $\leq 30$  g/L、血红蛋白  $\leq 80$  g/L、糖尿病肾病等是其危险因素,其感染原因可能与血浆中多肽抑制因子抑制 WBC 活性,导致机体抵抗力下降有关<sup>[21]</sup>。本研究中血液透析患者年龄和糖尿病肾病比例在感染组与非感染组差异无统计学意义,考虑与样本量偏少有一定关系。

由于本研究为回顾性研究,患者样本量相对较少,存在一定的局限性,且无法确定患者是否存在局部感染。因此,在后续的研究中需要纳入更多受试者进行更广泛、更全面的研究,以明确 MHD 患者 PCT 水平的参考范围和生理变化,还需要进一步的研究来阐明局部感染的 MHD 患者 PCT 水平变化。综上所述,本研究发现 PCT、WBC 是 MHD 患者肺部感染的独立危险因素,PCT + WBC 两者联合检测在肺部感染的诊断效能中更优,可为 MHD 患者合并肺部感染的抗菌药物使用指征研究提供一定的思路。

#### 参 考 文 献

[1] El Nahas AM, Bello AK. Chronic kidney disease: the global challenge[J]. *Lancet*, 2005, 365 (9456): 331-340. DOI: 10. 1016/S0140-6736(05)17789-7.

[2] Vogelzang JL, van Stralen KJ, Noordzij M, et al. Mortality from infections and malignancies in patients treated with renal replacement therapy: data from the ERA-EDTA registry[J]. *Nephrol Dial Transplant*, 2015, 30(6): 1028-1037. DOI: 10. 1093/ndt/gfv007.

[3] Wakasugi M, Kazama JJ, Yamamoto S, et al. Cause-specific excess mortality among dialysis patients: comparison with the general population in Japan[J]. *Ther Apher Dial*, 2013, 17 (3): 298-304. DOI: 10. 1111/j. 1744-9987. 2012. 01144. x.

[4] Trimarchi H, Dicugno M, Muryan A, et al. Pro-calcitonin and inflammation in chronic hemodialysis[J]. *Medicina*, 2013, 73 (5): 411-416.

[5] 中华医学会呼吸病学分会. 中国成人社区获得性肺炎诊断和治疗指南(2016 年版)[J]. *中华结核和呼吸杂志*, 2016, 39(4): 253-279. DOI: 10. 3760/cma. j. issn. 1001-0939. 2016. 04. 005.

[6] James MT, Quan HD, Tonelli M, et al. CKD and risk of hospitalization and death with pneumonia[J]. *Am J Kidney Dis*, 2009, 54(1): 24-32. DOI: 10. 1053/j. ajkd. 2009. 04. 005.

[7] Sarnak MJ, Jaber BL. Mortality caused by sepsis in patients with end-stage renal disease compared with the general population[J]. *Kidney Int*, 2000, 58(4): 1758-1764. DOI: 10. 1111/j. 1523-1755. 2000. 00337. x.

[8] Park JH, Kim DH, Jang HR, et al. Clinical relevance of procalcitonin and C-reactive protein as infection markers in renal impairment: a cross-sectional study[J]. *Crit Care*, 2014, 18(6): 1-9. DOI: 10. 1186/s13054-014-0640-8.

[9] Dalrymple LS, Johansen KL, Chertow GM, et al. Infection-related hospitalizations in older patients with ESRD[J]. *Am J Kidney Dis*,

2010, 56(3): 522-530. DOI: 10. 1053/j. ajkd. 2010. 04. 016.

[10] 高金亭, 齐柯, 缪丁丁, 等. 羟乙基淀粉对急性胰腺炎患者组织灌注及血清肿瘤坏死因子、白细胞介素-6、-8 水平的影响[J]. *中国基层医药*, 2011, 18(23): 3198-3200. DOI: 10. 3760/cma. j. issn. 1008-6706. 2011. 23. 016.

[11] Assicot M, Bohuon C, Gendrel D, et al. High serum procalcitonin concentrations in patients with sepsis and infection[J]. *Lancet*, 1993, 341 (8844): 515-518. DOI: 10. 1016/0140-6736(93)90277-N.

[12] Lee S-H, Chan R-C, Wu J-Y, et al. Diagnostic value of procalcitonin for bacterial infection in elderly patients—a systemic review and meta-analysis[J]. *Int J Clin Pract*, 2013, 67 (12): 1350-1357. DOI: 10. 1111/ijcp. 12278.

[13] 李晓东, 韩永斌, 闫岩, 等. 降钙素原对血液透析导管相关血流感染诊断的临床应用研究进展[J]. *临床肾脏病杂志*, 2018, 18 (5): 316-318. DOI: 10. 3969/j. issn. 1671-2390. 2018. 05. 014.

[14] Dumea R, Siritopol D, Hogas S, et al. Procalcitonin: diagnostic value in systemic infections in chronic kidney disease or renal transplant patients[J]. *Int Urol Nephrol*, 2014, 46 (2): 461-468. DOI: 10. 1007/s11255-013-0542-8.

[15] Becker KL, Snider R, Nysten ES. Procalcitonin assay in systemic inflammation, infection, and sepsis: clinical utility and limitations[J]. *Crit Care Med*, 2008, 36(3): 941-952. DOI: 10. 1097/CCM. 0B013E318165BABB.

[16] Foushee JA, Hope NH, Grace EE. Applying biomarkers to clinical practice: a guide for utilizing procalcitonin assays[J]. *J Antimicrob Chemother*, 2012, 67 (11): 2560-2569. DOI: 10. 1093/jac/dks265.

[17] Ichihara K, Tanaka T, Takahashi S, et al. Serum procalcitonin level in chronic hemodialytic patients with no evidence of bacterial infection[J]. *Ren Replace Ther*, 2016, 2 (1): 1-6. DOI: 10. 1186/s41100-016-0025-3.

[18] Sun YB, Jiang LJ, Shao XN. Predictive value of procalcitonin for diagnosis of infections in patients with chronic kidney disease: a comparison with traditional inflammatory markers C-reactive protein, white blood cell count, and neutrophil percentage[J]. *Int Urol Nephrol*, 2017, 49 (12): 2205-2216. DOI: 10. 1007/s11255-017-1710-z.

[19] Stenvinkel P, Heimbürger O, Paultre F, et al. Strong association between malnutrition, inflammation, and atherosclerosis in chronic renal failure[J]. *Kidney Int*, 1999, 55 (5): 1899-1911. DOI: 10. 1046/j. 1523-1755. 1999. 00422. x.

[20] Herget-Rosenthal S, Klein T, Marggraf G, et al. Modulation and source of procalcitonin in reduced renal function and renal replacement therapy[J]. *Scand J Immunol*, 2005, 61 (2): 180-186. DOI: 10. 1111/j. 0300-9475. 2005. 01545. x.

[21] 乔艳红, 牛慧敏, 王锋. 慢性肾脏病患者发生社区感染临床分析[J]. *长治医学院学报*, 2016, 30(4): 281-284. DOI: 10. 3969/j. issn. 1006-0588. 2016. 04. 012.

(收稿日期: 2019-11-21)