

DOI:10.13350/j.cjpb.250219

• 临床研究 •

腹膜透析相关性腹膜炎患者病原菌类型与血清指标水平的相关性分析

束长东*, 胡艳, 陈忠辉, 梅吉本, 何静, 鲁世凡

(宣城市人民医院, 皖南医学院附属宣城医院肾内科, 安徽宣城 242000)

【摘要】 **目的** 探析腹膜透析相关性腹膜炎(peritoneal dialysis associated peritonitis PDAP)患者病原菌类型分布特点及与血清指标的相关性, 以期为临床诊断和治疗提供理论依据。 **方法** 回顾性分析2020年4月~2023年12月, 本院接诊的103例PDAP患者的临床资料, 采集患者腹膜透析液标本进行病原菌鉴定与药敏试验。抽取患者静脉血, 测定患者血清降钙素原(PCT)、红细胞分布宽度(RDW)、中性粒细胞/淋巴细胞比值(NLR)水平, 并分析这些指标与病原菌类型之间的相关性。 **结果** 共检出病原菌69株, 其中革兰阳性菌51株(占比73.91%), 包括表皮葡萄球菌、金黄色葡萄球菌等; 革兰阴性菌18株(占比26.09%), 包括大肠埃希菌、肺炎克雷伯菌等。革兰阳性菌感染患者与革兰阴性菌感染患者血清PCT、RDW、NLR水平对比差异有统计学意义($P < 0.05$)。采用受试者ROC曲线评估PDAP患者血清各项指标诊断感染病原菌类型的价值发现, 血清PCT、RDW、NLR单独诊断及三者联合诊断均有不同的截断值、曲线下面积、敏感度和特异性, 其中三者联合诊断曲线下面积最高为0.913, 敏感度为88.9%, 特异性为90.2%。 **结论** PDAP患者病原菌主要为革兰阳性菌。血清PCT、RDW、NLR指标与病原菌类型显著相关, 对临床诊断及治疗具有重要指导意义, 特别是三项指标联合应用, 可显著提高诊断准确性, 有助于及时采取针对性治疗措施, 降低患者治疗风险, 改善预后。

【关键词】 腹膜透析相关性腹膜炎; 病原菌类型; 降钙素原; 红细胞分布宽度; 中性粒细胞/淋巴细胞比值

【文献标识码】 A

【文章编号】 1673-5234(2025)02-0230-04

[Journal of Pathogen Biology. 2025 Feb.; 20(02): 230-233.]

Correlation analysis between pathogen types and serum index levels in patients with peritoneal dialysis-related peritonitis

SHU Changdong, HU Yan, CHEN Zhonghui, MEI Jiben, HE Jing, LU Shifan (Department of Nephrology, Xuancheng People's Hospital, The Affiliated Xuancheng Hospital of Wannan Medical College, Xuancheng 242000, Anhui, China)*

【Abstract】 **Objective** To analyze the distribution characteristics of pathogen types in patients with peritoneal dialysis-associated peritonitis (PDAP) and its correlation with serum indexes, in order to provide a theoretical basis for clinical diagnosis and treatment. **Methods** A retrospective analysis was conducted on the clinical data of 103 patients with PDAP who were admitted to our hospital from April 2020 to December 2023. Peritoneal dialysis fluid specimens from the patients were collected for pathogen identification and drug sensitivity testing. Venous blood was drawn from the patients to determine the levels of serum procalcitonin (PCT), red blood cell distribution width (RDW), and neutrophil/lymphocyte ratio (NLR), and the correlation between these indicators and pathogen types was analyzed. **Results** A total of 69 strains of pathogenic bacteria were detected, including 51 strains of Gram-positive bacteria (accounting for 73.91%), including *Staphylococcus epidermidis*, *Staphylococcus aureus*, etc.; 18 strains of Gram-negative bacteria (accounting for 26.09%), including *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*, etc. There was a statistically significant difference in the levels of serum PCT, RDW, and NLR between patients with Gram-positive bacterial infection and patients with Gram-negative bacterial infection ($P < 0.05$). By the receiver operating characteristic (ROC) curve the value of various serum indicators was evaluated in diagnosing the types of infectious pathogens in patients with PDAP, it was found that the single diagnosis of serum PCT, RDW, and NLR and the combined diagnosis of the three had different cut-off values, areas under the curve, sensitivities and specificities. Among them, the combined diagnosis of the three had the highest area under the curve of 0.913, a sensitivity of 88.9%, and a specificity of 90.2%. **Conclusion** The main pathogens in patients with PDAP were Gram-positive bacteria. Serum PCT, RDW, and NLR indicators were significantly correlated with pathogen types and had important guiding significance for clinical diagnosis and treatment. In particular, the combined application of these three indicators can significantly improve the accuracy of diagnosis, help take targeted

* **【通讯作者(简介)】** 束长东(1979), 男, 安徽桐城人, 本科, 副主任医师。主要从事终末期肾脏病诊治工作。E-mail: scd79828cn@126.com

treatment measures in time, reduce the treatment risk of patients, and improve prognosis.

【Keywords】 Peritoneal dialysis-associated peritonitis; pathogen type; procalcitonin; red blood cell distribution width; neutrophil/lymphocyte ratio

腹膜透析作为治疗终末期肾病患者关键方法之一,相较于传统的血液透析,展现出诸多显著优势。该方法的操作过程相对简便,对血流动力学的影响微小,能够维持患者血液流动的稳定性,并且有助于延缓肾功能的进一步衰退,保护剩余的肾功能,从而提升患者的生活质量^[1]。腹膜透析相关性腹膜炎(peritoneal dialysis related peritonitis PDAP)是腹膜透析过程中极为严重的并发症,其发生将对腹膜功能产生重大负面影响^[2]。PDAP的反复发作,将逐渐损害腹膜的正常结构与功能,导致透析效率降低,甚至完全失效^[3]。PDAP的高发病率和病死率使得腹膜透析患者面临更高的健康风险,因此,预防和及时治疗PDAP对于提升腹膜透析患者的生存率和生活质量具有至关重要的意义^[4]。

本研究采用回顾性分析本院接诊的103例PDAP患者的临床资料,探析腹膜透析相关性腹膜炎患者病原菌类型分布特点及与血清指标的相关性,以期为临床诊断和治疗提供理论依据。

对象与方法

1 研究对象

选取2020年4月~2023年12月,安徽省宣城市人民医院接诊的103例PDAP患者为本次研究对象。男性患者共63例,女性患者共40例,平均年龄(59.77±12.48)岁,平均腹膜透析病程(53.15±10.87)月。纳入标准:①PDAP患者符合国际腹膜透析协会2022年颁布的相关诊断标准^[5];②腹膜透析时间≥3个月。排除标准:①临床资料缺失;②年龄<18岁;③未进行腹膜透析液病原菌培养;④腹膜透析液病原菌培养结果显示为2种及2种以上病原菌混合感染;⑤合并身体其他部位感染者;⑥合并恶性肿瘤疾病者;⑦合并传染性疾病者;⑧合并自身免疫性疾病者;⑨合并凝血功能障碍者。

2 病原菌鉴定及药敏试验

本次研究纳入的患者于入院当日接受抗菌药物治疗前,均采用一次性注射器,依照无菌操作规程采集腹膜透析液样本10 mL(留腹时间>2 h),并立即送至本院检验科进行检测。将腹膜透析液样本接种至血培养瓶内进行培养,利用全自动微生物分析仪(Vitek 2 compact,由法国梅里埃公司生产)进行菌种鉴定。

3 血清PCT、RDW、NLR水平测定

所有患者于入院后接受抗菌药物治疗前,采集外

周静脉血3~5 mL,并将其保存于两支含有抗凝剂的采血管中。其中一支采血管用于全血细胞分析仪进行血常规参数的测定,包括血清中性粒细胞、淋巴细胞、血小板数目、红细胞相关参数等,计算中性粒细胞与淋巴细胞的比值(NLR)、红细胞分布宽度(RDW)。另一支经过离心处理后,采用酶联免疫吸附法(ELISA)测定血清降钙素原(PCT)水平。

4 统计分析

对本次研究收集的数据进行整理分析,运用SPSS 26.0软件进行描述性统计分析,计数资料以百分比表示,组间比较采用 χ^2 检验,计量资料以均数±标准差表示,组间比较采用 t 检验。对比分析不同类型病原菌感染患者血清PCT、RDW、NLR水平, $P<0.05$ 为差异有统计学意义。采用受试工作者曲线法(ROC)评估血清指标在预测PDAP患者感染病原菌类型中的价值。

结果

1 病原菌分布特点

共检出病原菌69株,检出率为66.99%(69/103)。革兰阳性菌共计51株,占比73.91%(51/69),包括20株表皮葡萄球菌(28.99%,20/69),10株金黄色葡萄球菌(14.49%,10/69),5株沃氏葡萄球菌(7.25%,5/69),5株唾液链球菌(7.25%,5/69),4株头状葡萄球菌(5.8%,4/69),山羊葡萄球菌、溶血葡萄球菌、人葡萄球菌、黏滑葡萄球菌、木糖葡萄球菌、口腔链球菌、粪肠球菌各1株(1.45%,1/69)。革兰阴性菌共18株(26.09%,18/69),包括大肠埃希菌6株(8.7%,6/69),肺炎克雷伯菌3株(4.35%,3/69),嗜水气单胞菌3株(4.35%,3/69),鲍曼不动杆菌3株(4.35%,3/69),铜绿假单胞菌2株(2.9%,2/69),恶臭假单胞菌1株(1.45%,1/69)。

表1 不同病原菌分组患者血清PCT、RDW、NLR水平对比
Table 1 Comparison of serum PCT, RDW and NLR levels in patients grouped by different pathogens

实验室指标 laboratory indicators	革兰阳性菌 (n=51) Gram-positive bacteria group	革兰阴性菌 (n=18) Gram-negative bacteria group	t	P
PCT(ng/mL)	4.40±2.04	8.13±3.24	-4.574	0.000
RDW(%)	14.23±2.92	16.58±4.05	-2.644	0.010
NLR(%)	8.57±2.75	12.82±4.34	-4.795	0.000

2 不同病原菌分组患者血清PCT、RDW、NLR水平对比

革兰阳性菌感染患者血清 PCT 为(4.40±2.04) ng/mL, RDW 为(14.23±2.92)%, NLR 为(8.57±2.75)%;革兰阴性菌感染患者血清 PCT 为(8.13±3.24) ng/mL, RDW 为(16.58±4.05)%, NLR 为(12.82±4.34)%。两组患者血清 PCT、RDW、NLR 水平差异有统计学意义($P<0.05$)。见表 2。

3 血清 PCT、RDW、NLR 水平及联合指标对 PDAP 患者感染病原菌类型诊断价值分析

采用受试者 ROC 曲线评估血清各项指标诊断感染病原菌类型的价值,研究结果显示:血清 PCT 单独诊断最佳截断值为 5.98 ng/mL,曲线下面积为 0.839 (95%CI:0.728~0.951),敏感度为 72.2%,特异性为 86.3%;血清 RDW 单独诊断最佳截断值为 18.71%,曲线下面积为 0.671(95%CI:0.520~0.822),敏感度为 38.9%,特异性为 98%;血清 NLR 单独诊断最佳截断值为 9.50%,曲线下面积为 0.794(95%CI:0.663~0.924),敏感度为 83.3%,特异性为 68.6%;三者联合诊断曲线下面积为 0.913(95%CI:0.821~1.000),敏感度为 88.9%,特异性为 90.2%。见图 1。

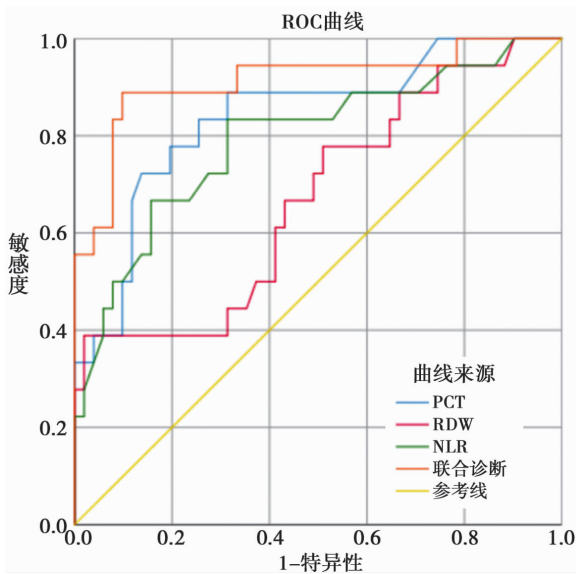


图 1 血清 PCT、RDW、NLR 水平及联合指标对 PDAP 患者感染病原菌类型诊断价值的 ROC 曲线图

Fig. 1 ROC curve of serum PCT, RDW, NLR levels and combined indicators for the diagnostic value of pathogen types in patients with PDAP

讨论

PDAP 作为腹膜透析患者治疗过程中发生的主要并发症之一,同时也是导致腹膜透析技术失败的关键因素。腹膜炎频繁发作时,可通过激活多种炎症通路,对腹膜的结构和功能产生负面影响^[7]。这种影响不仅会降低透析的效率,还会导致腹膜硬化和超滤功能的衰竭,最终使得透析功能丧失^[8]。根据相关研究显示,腹膜透析患者如果每半年腹膜炎的感染概率增加一

次,拔除导管的风险会增加 18%,而死亡风险将会相应地升高 4%^[9]。因此,早期诊断与及时干预对改善 PDAP 患者的预后至关重要。

本次研究中,103 例患者共检出病原菌 69 株,革兰阳性菌占比 73.91%,革兰阴性菌占比 26.09%。革兰阳性菌主要为表皮葡萄球菌、金黄色葡萄球菌等,革兰阴性菌主要为大肠埃希菌、肺炎克雷伯菌等。这些病原菌的分布情况为我们提供了重要的临床信息,为后续的治疗策略制定提供了依据。国内外多项研究表明,随着腹膜透析治疗技术的不断进步和改进,PDAP 的发病率已经显著降低,但 PDAP 患者中病原菌的耐药率呈现出逐年上升的趋势^[10]。这意味着,尽管腹膜透析治疗在减少腹膜炎发生方面取得了进展,但治疗过程中所面临的病原菌耐药问题却变得更加严峻。多重耐药菌的出现不仅显著增加了治疗的难度,同时也对患者的生命安全构成了极其严重的威胁^[11,12]。在临床上,对于合并多重耐药病原菌感染的 PDAP 患者,应当及时采取积极的治疗措施,包括使用针对性强、效果显著的抗生素对抗感染,通过皮下注射胸腺肽增强患者的免疫系统功能,提高其抵抗力^[13]。通过综合治疗方案能够有助于防止患者病情恶化,从而避免因感染加重而导致的拔除导管的风险。

本次研究发现,革兰阳性菌感染患者与革兰阴性菌感染患者 PCT、RDW、NLR 水平差异有统计学意义($P<0.05$)。采用 ROC 曲线评估血清各项指标诊断病原菌感染类型的价值发现,血清 PCT、RDW、NLR 单独诊断曲线下面积分别为 0.839、0.671、0.794,而三者联合诊断曲线下面积最高为 0.913。这表明,通过联合检测血清 PCT、RDW、NLR 三项指标,有助于提高病原菌感染类型的诊断准确性,为临床治疗提供有力依据。与徐健等^[14]研究结果相近。此外,动态监测这些指标的变化,对评估治疗效果和及时调整治疗方案具有重要意义。临床医生可根据这些数据,快速制定出针对性强、效率高的治疗计划,以减少患者并发症,降低治疗难度,提高生存质量。同时,这也提示我们在未来研究中,应深入探讨更多生物标志物在 PDAP 诊断和治疗中的应用价值,为患者带来更多希望。

PCT 是由甲状腺旁细胞、肺和小肠的神经内分泌细胞产生,细菌感染后 3~4 h,血液中的 PCT 水平上升,12 h 达到高峰,常被用于诊断和鉴别感染性疾病^[15]。在感染不同类型病原菌的患者中,PCT 水平表现出显著的差异性。因此,在 PDAP 患者的临床管理中,监测 PCT 水平变化对于早期识别病原菌感染及判断其严重程度具有重要价值。这种差异性的原因可能在于不同细菌激活的信号通路存在差异。当机体受到

革兰阴性菌的感染时,血液中的 PCT 水平往往会显著升高。这种情况可能是由于革兰阴性菌感染后,体内会大量释放毒素,尤其是内毒素,这些内毒素会强烈刺激 PCT 的产生^[16]。相反,当人体受到革兰阳性菌的感染时,体内释放入血的内毒素含量相对较少,因此对 PCT 的刺激作用相对较轻,导致 PCT 表达的升高并不明显。此外,革兰阴性菌的细胞壁中含有大量的脂多糖成分,这些成分能够诱导机体产生强烈的炎症反应。在这种高炎症状态下,炎症因子的释放会进一步刺激 PCT 的产生,从而使得 PCT 的表达水平显著升高。具体来说,革兰氏阴性菌入侵机体时,其主要致病因子是细胞壁上的脂多糖(lipopolysaccharide, LPS), LPS 能够激活巨噬细胞膜表面的 Toll-4 受体,进而引发一系列的免疫反应,导致包括 PCT 在内的多种炎症因子的释放^[17]。相反,在革兰氏阳性菌感染的情况下,主要致病因子则是细胞壁上的肽聚糖(peptidoglycan, PGN), PGN 激活的是巨噬细胞膜表面的 Toll-2 受体,同样会引起炎症因子的升高^[18]。由于 LPS 激活的 Toll-4 受体引起的 PCT 释放程度较 PGN 激活的 Toll-2 受体更强,因此在革兰阴性菌感染的患者中, PCT 水平通常会更高。这种差异性在临床上具有重要的诊断和治疗意义,可以帮助医生更准确地判断感染类型,并采取相应的治疗措施。此外,本研究还观察到,在革兰阴性菌感染的患者中, RDW 和 NLR 的水平也显著高于革兰阳性菌感染患者,这可能与革兰阴性菌引起的更强烈的系统性炎症反应有关。这些指标的变化提示我们,在抗感染治疗过程中,应密切关注患者的炎症状态,及时调整治疗方案。同时,这也强调了实验室检测在指导临床决策中的重要作用。通过对这些血清学指标的深入研究,我们有望为临床提供更多有价值的诊断和治疗信息,从而改善患者的预后。

综上所述,加强对 PDAP 患者的病原学监测,及时调整治疗方案,对改善患者预后、降低死亡率具有重要意义。为此,医护人员需不断提高对耐药菌的认识,更新治疗策略,以期降低患者感染风险。同时,患者的整体状况评估和免疫状态监测也是不可或缺的环节。针对不同类型的细菌感染,临床医生需综合考虑各项炎症指标的变化,以实现精准诊断与治疗。因此,在治疗过程中,合理运用实验室检测数据,有助于优化治疗路径,提升治疗效果。在未来的研究中,我们应当关注不同病原体感染所致的 PCT、RDW 和 NLR 等指标变化的分子机制,以便为临床提供更为精确的诊疗依据。

【参考文献】

- [1] Mancini A, Todd L. Inconsistencies in ISPD peritonitis recommendations; 2016 update on prevention and treatment and the ISPD catheter-related infection recommendations; 2017 update[J]. *Perit Dial Int*, 2018, 38(4): 309-310.
- [2] Perl J, Fuller D S, Bieber BA, et al. Peritoneal dialysis-related infection rates and outcomes; results from the peritoneal dialysis outcomes and practice patterns study (PDOPPS) [J]. *Am J Kidney Dis*, 2020, 76(1): 42-53.
- [3] Szeto CC, Li PK T. Peritoneal dialysis-associated peritonitis [J]. *Clin J Am Soc Nephrol*, 2019, 14(7): 1100-1105.
- [4] McGill RL, Weiner DE, Ruthazer R, et al. Transfers to hemodialysis among US patients initiating renal replacement therapy with peritoneal dialysis[J]. *Am J Kidney Dis*, 2019, 74(5): 620-628.
- [5] Li P KT, Chow KM, Cho Y, et al. ISPD peritonitis guideline recommendations; 2022 update on prevention and treatment [J]. *Peritoneal Dialysis International: Journal of the International Society for Peritoneal Dialysis*, 2022, 42(2): 110-153.
- [6] Magiorakos AP, Srinivasan A, Carey RB, et al. Multidrug-resistant, extensively drug-resistant and pandrug-resistant bacteria; an international expert proposal for interim standard definitions for acquired resistance[J]. *Clin Microbiol Infect*, 2012, 18(3): 268-281.
- [7] Bello AK, Okpechi IG, Osman MA, et al. Epidemiology of peritoneal dialysis outcomes[J]. *Nat Rev Nephrol*, 2022, 18(12): 779-793.
- [8] Cozzolina M, Galassi A, Pivari F, et al. The Cardiovascular Burden in End-Stage Renal Disease [J]. *Contrib Nephrol*, 2017, 191(2): 44-57.
- [9] Perl J, Fuller DS, Bieber BA, et al. Peritoneal Dialysis-Related Infection Rates and Outcomes; Results From the Peritoneal Dialysis Outcomes and Practice Patterns Study (PDOPPS) [J]. *Am J Kidney Dis*, 2020, 76(1): 42-53.
- [10] Ozisik L, Ozdemir FN, Tanriover MD. The changing trends of peritoneal dialysis related peritonitis and novel risk factors[J]. *Renal Failure*, 2015, 37(6): 1027-1032.
- [11] 孙士正, 孟媛媛, 张维娜, 等. 表皮葡萄球菌 SE1457 与 vraSR 突变株转录组测序比较分析 [J]. *中国病原生物学杂志*, 2022, 17(11): 1241-1246.
- [12] 袁果, 程苗, 杨杰. 铜绿假单胞菌分泌系统毒力基因携带及耐药性研究 [J]. *中国病原生物学杂志*, 2023, 18(5): 570-574.
- [13] 卫向月, 王键. 双歧杆菌四联活菌片联合注射用胸腺肽 $\alpha 1$ 在持续非卧床腹膜透析相关性腹膜炎患者中的应用效果[J]. *河南医学研究*, 2020, 29(14): 2598-2599.
- [14] 徐健, 孟冉, 刘桂凌. 血清 PCT、RDW 与腹膜透析相关性腹膜炎病原菌的关系探讨[J]. *中国血液净化*, 2023, 22(4): 278-282.
- [15] Bassetti M, Russo A, Righi E, et al. Role of procalcitonin in predicting etiology in bacteremic patients: Report from a large single-center experience[J]. *J Infect Public Health*, 2020, 13(1): 40-45.
- [16] 周晓霞, 王杰萍, 景玉琼, 等. 血清降钙素原在老年慢性阻塞性肺疾病急性加重患者中的诊疗价值[J]. *中国医刊*, 2021, 56(9): 968-971.
- [17] 孟广蕊, 纪志芳, 田勇. 老年心力衰竭合并肺部感染病原菌分布及血清 CRP、PCT 水平变化 [J]. *中国病原生物学杂志*, 2023, 18(7): 821-824.
- [18] 杨翔, 余维丽, 储雯雯, 等. PCT、IL-6、CRP、NLR 在 ICU 细菌性血流感染患者革兰氏阳性菌和阴性菌中的鉴别作用及对死亡风险的预测价值[J]. *现代生物医学进展*, 2022, 22(15): 2926-2931.