

血清 CysC 和 GGT 水平结合动脉血气分析在慢性阻塞性肺疾病严重程度评估中的应用研究

李成凤
(四川友谊医院综合内科,四川 成都 610000)

【摘要】目的: 探究血清胱抑素 C (CysC) 和 γ 谷氨酰转移酶 (GGT) 水平联合动脉血气分析在评估慢性阻塞性肺疾病 (COPD) 严重程度中的应用价值。**方法:** 纳入 157 例 COPD 患者为研究对象,根据病情严重程度将其分为轻度组 ($n=78$)、中度组 ($n=49$) 和重度组 ($n=30$)。收集患者的临床资料及入院时的实验室指标,分析 COPD 严重程度的影响因素及其与患者 $FEV_1\%$ pred 的相关性,并分析影响因素对 COPD 严重程度的诊断价值。**结果:** 三组患者血清 CysC、GGT、动脉二氧化碳分压 (PCO_2) 水平比较:重度组 > 中度组 > 轻度组 ($P<0.05$);三组患者脉氧分压 (PO_2)、氧饱和度 (SaO_2) 水平比较:重度组 < 中度组 < 轻度组 ($P<0.05$)。高水平血清 CysC、GGT、 PCO_2 及低水平 PO_2 、 SaO_2 均是导致 COPD 病情加重的危险因素 ($P<0.05$)。患者血清 CysC、GGT、 PCO_2 水平与 $FEV_1\%$ pred 均呈负相关关系 ($P<0.05$), PO_2 、 SaO_2 水平均与 $FEV_1\%$ pred 正相关 ($P<0.05$)。血清 CysC 水平、血清 GGT 水平联合动脉血气分析预测 COPD 重度病情的曲线下面积 (AUC) 为 0.922,相较于单一指标诊断,联合诊断效能较高 ($P<0.05$)。**结论:** 血清 CysC、GGT 水平及动脉血气分析与 COPD 患者病情严重程度存在密切联系,临床可通过检测血清 CysC、GGT 水平联合动脉血气分析指标评估 COPD 患者的病情严重程度。

【关键词】 胱抑素 C; γ 谷氨酰转移酶; 动脉血气分析; 慢性阻塞性肺疾病; 严重程度

【中图分类号】 R563 **【文献标志码】** A

Application of serum CysC and GGT combined with arterial blood gas analysis in the evaluation of severity of chronic obstructive pulmonary disease

LI Cheng-feng
(Department of General Internal Medicine, Sichuan Friendship Hospital, Chengdu 610000, Sichuan, China)

【Abstract】Objective: To explore the application value of serum cystatin C (CysC) and gamma-glutamyl transferase (GGT) levels combined with arterial blood gas analysis on evaluating the severity of chronic obstructive pulmonary disease (COPD). **Methods:** 157 COPD patients were selected and divided into mild group ($n=78$), moderate group ($n=49$) and severe group ($n=30$) according to the severity of the disease. Clinical data as well as laboratory indicators at admission were collected. The factors affecting the severity of COPD and their correlation with patients' $FEV_1\%$ pred were analyzed, and the diagnostic value of these factors on the severity of COPD were analyzed. **Results:** The levels of serum CysC, GGT and arterial partial pressure of carbon dioxide (PCO_2) in the three groups were manifested as severe group > moderate group > mild group ($P<0.05$) while the arterial partial pressure of oxygen (PO_2) and oxygen saturation (SaO_2) were represented as severe group < moderate group < mild group ($P<0.05$). Regression analysis showed that high levels of serum CysC, GGT and PCO_2 and low levels of PO_2 and SaO_2 were risk factors of exacerbation of COPD ($P<0.05$). The levels of serum CysC, GGT and PCO_2 were negatively correlated with $FEV_1\%$ pred ($P<0.05$), and the levels of PO_2 and SaO_2 were positively correlated with $FEV_1\%$ pred ($P<0.05$). The area under the curve (AUC) of serum CysC level, serum GGT level and arterial blood gas analysis to predict severe COPD disease was 0.922, compared with single indicator diagnosis, combined diagnosis had higher efficacy ($P<0.05$). **Conclusion:** Serum CysC, GGT and arterial blood gas analysis are closely related to the severity of COPD patients. Clinically, the severity of COPD can be evaluated by detecting serum CysC and GGT combined with arterial blood gas analysis.

【Key words】 Cystatin C; Gamma-glutamyl transferase; Arterial blood gas analysis; Chronic obstructive pulmonary disease; Severity

慢性阻塞性肺疾病 (chronic obstructive pulmonary disease, COPD) 具有高患病率和致死率,其病理

生理过程复杂,涉及气道炎症、肺实质破坏及肺血管病变等多个方面,这些病变共同导致患者持续的气流受限和呼吸困难。随着疾病进展,患者易并发呼吸衰竭、心血管疾病等严重并发症,进一步增加了治疗难度和医疗成本^[1-2]。传统的 COPD 严重程度评估主要依赖于肺功能检查、临床症状及急性加重病史等,但这些方法在一定程度上存在主观性和局限性^[3]。近年来,血清胱抑素 C(cystatin C,CysC)和 γ 谷氨酰转移酶(γ -glutamyl transferase,GGT)作为潜在的生物学标志物逐渐受到关注,CysC 为半胱氨酸蛋白酶抑制剂,不仅与肾功能密切相关,还参与多种炎症和氧化应激过程,在 COPD 的发病和进展中起到重要作用;GGT 作为一种广泛存在于人体多种组织中的酶类,其血清水平与氧化应激、炎症反应及肝脏功能等密切相关,在 COPD 患者中也可能出现异常变化^[4]。此外,动脉血气分析对评估呼吸功能、酸碱平衡状态及 COPD 患者的呼吸衰竭程度至关重要,通过检测动脉血液中的动脉二氧化碳分压(PCO_2)、动脉氧分压(PO_2)、氧饱和度(SaO_2)等指标,可以了解患者呼吸功能,但常需联合其他指标对 COPD 患者病情进行诊断^[5]。当前临床上关于将血清 CysC、GGT 水平联合动脉血气分析用于评估 COPD 严重程度的研究多关注单一指标(如 CysC 或 GGT)水平与 COPD 严重程度的关系,而对于三者联合应用的价值缺乏深入的探讨和系统的分析。因此,本研究旨在探讨血清 CysC、GGT 水平联合动脉血气分析在评估 COPD 严重程度中的应用价值。

1 资料与方法

1.1 一般资料

选取 2021 年 1 月至 2024 年 12 月四川友谊医院收治的 157 例 COPD 患者为研究对象。纳入标准:(1)明确诊断为 COPD^[6];(2)病例资料完整;(3)入组前至少 4 周末出现 COPD 急性加重,且病情相对稳定;(4)入组前 3 个月未接受抗氧化或激素治疗;(5)临床资料完整。排除标准:(1)患者患有支气管哮喘、支气管扩张、肺结核、肺癌等其他呼吸系统疾病者;(2)合并有严重心血管疾病者,如急性心肌梗死、不稳定型心绞痛、重度心力衰竭等;(3)合并有严重肝肾功能不全者;(4)近 3 个月内接受过手术或有严重创伤史者。

1.2 研究方法

1.2.1 一般资料收集 从医院信息系统中收集患者的年龄、性别、病程、体质量指数、吸烟史、饮酒史、高血压、糖尿病、高脂血症、COPD 家族史等。

1.2.2 实验室指标收集 收集并整理患者入院时

的血清 CysC、GGT 水平及动脉血气 PCO_2 、 PO_2 、 SaO_2 结果,其中血清 CysC、GGT 水平通过全自动生化分析仪(型号:BC-800,立菲生物)检测,动脉血气 PCO_2 、 PO_2 、 SaO_2 通过血气分析仪(型号:PT1000,明德生物)检测。

1.2.3 病情严重程度评估 通过患者入院时的 1 s 用力呼气容积占预计值的百分比($\text{FEV}_1\% \text{ pred}$)评估患者的病情严重程度^[7]。采用肺功能检测仪(型号:BK-LFT-1,山东博科保育)测定患者一秒用力呼气容积(FEV_1),之后采用 FEV_1 占预计值的百分比($\text{FEV}_1\% \text{ pred}$)评估患者的病情严重程度,其中轻度: $\text{FEV}_1\% \text{ pred} \geq 80\%$,轻度气流受限;中度: $50\% \leq \text{FEV}_1\% \text{ pred} < 80\%$,中度气流受限;重度: $30\% \leq \text{FEV}_1\% \text{ pred} < 50\%$,重度气流受限。

1.3 统计学分析

采用 SPSS 24.0 统计软件进行数据分析。正态分布的计量资料以($\bar{x} \pm s$)表示,多组间采用单因素方差分析,组间进一步两两比较采用 LSD- t 检验;计数资料以[$n(\%)$]表示,组间比较行独立样本 χ^2 检验;应用二元 Logistic 回归模型分析 COPD 严重程度的影响因素;用 Pearson 相关系数分析血清 CysC、GGT 水平及动脉血气指标与患者 $\text{FEV}_1\% \text{ pred}$ 的相关性;绘制受试者工作特征(ROC)曲线分析研究指标对 COPD 严重程度的诊断价值。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 三组患者的一般资料比较

轻度组 78 例, $\text{FEV}_1\% \text{ pred}(86.25 \pm 4.12)\%$;中度组 49 例, $\text{FEV}_1\% \text{ pred}(59.25 \pm 5.33)\%$;重度组 30 例, $\text{FEV}_1\% \text{ pred}(42.09 \pm 3.97)\%$ 。三组患者其他一般资料比较,差异均无统计学意义($P > 0.05$)。见表 1。

表 1 三组患者的一般资料比较 [$\bar{x} \pm s, n(\%)$]

资料	轻度组($n=78$)	中度组($n=49$)	重度组($n=30$)	χ^2/F 值	P 值
年龄(岁)	68.25 \pm 5.03	68.96 \pm 4.94	69.77 \pm 4.21	1.120	0.329
性别				0.236	0.889
男	46(58.97)	31(63.27)	18(60.00)		
女	32(41.03)	18(36.73)	12(40.00)		
病程(年)	5.21 \pm 1.31	5.39 \pm 1.27	5.53 \pm 1.35	0.733	0.482
体质量指数(kg/m^2)	22.69 \pm 2.54	23.12 \pm 2.26	23.64 \pm 2.01	1.836	0.163
吸烟史	21(26.92)	11(22.45)	9(30.00)	0.602	0.740
饮酒史	17(21.79)	9(18.37)	7(23.33)	0.333	0.847
高血压史	18(23.08)	10(21.41)	8(26.67)	0.414	0.813
糖尿病史	23(29.49)	12(24.49)	9(30.00)	0.444	0.801
高脂血症史	15(19.23)	11(22.45)	6(20.00)	0.195	0.907
家族史	24(30.77)	17(34.69)	9(30.00)	0.272	0.873

2.2 三组患者实验室指标比较

三组患者血清 CysC、GGT、PCO₂ 水平比较: 重度组 > 中度组 > 轻度组 ($P < 0.05$); 三组患者 PO₂、SaO₂ 水平比较: 重度组 < 中度组 < 轻度组 ($P < 0.05$)。见表 2。

2.3 影响 COPD 严重程度的多因素分析

将患者 COPD 严重程度作为因变量(重度 = 1, 轻度和中度 = 0), 纳入血清 CysC、GGT 以及 PCO₂、PO₂、SaO₂ 为自变量并进行赋值。二元 Logistic 回归分析显示: 高水平血清 CysC、GGT、PCO₂ 及低水平

PO₂、SaO₂ 均是导致 COPD 病情加重的危险因素 ($P < 0.05$)。见表 3。

表 2 三组患者实验室指标比较 ($\bar{x} \pm s$)

指标	轻度组 (n = 78)	中度组 (n = 49)	重度组 (n = 30)	F 值	P 值
血清 CysC (mg/L)	2.05 ± 0.33	2.91 ± 0.54 ^①	3.66 ± 0.71 ^{①②}	128.827	< 0.001
血清 GGT (U/L)	271.05 ± 52.37	302.79 ± 61.58 ^①	345.67 ± 71.25 ^{①②}	17.772	< 0.001
PCO ₂ (mmHg)	49.25 ± 5.25	55.06 ± 6.44 ^①	64.25 ± 7.89 ^{①②}	64.610	< 0.001
PO ₂ (mmHg)	86.02 ± 6.33	79.02 ± 7.36 ^①	68.16 ± 8.41 ^{①②}	170.180	< 0.001
SaO ₂ (%)	92.15 ± 7.26	86.05 ± 6.94 ^①	80.58 ± 6.03 ^{①②}	48.765	< 0.001

① $P < 0.05$, 与轻度组相比; ② $P < 0.05$, 与中度组相比。

表 3 影响 COPD 严重程度的多因素分析

变量	赋值	β 值	SE 值	Wald 值	OR 值	95% CI	P 值
血清 CysC (mg/L)	≥ 中位数水平 = 1, < 中位数水平 = 0	1.462	0.431	11.348	4.315	1.843 ~ 10.101	0.001
血清 GGT (U/L)	≥ 中位数水平 = 1, < 中位数水平 = 0	1.225	0.347	12.463	3.404	1.724 ~ 6.720	< 0.001
PCO ₂ (mmHg)	≥ 中位数水平 = 1, < 中位数水平 = 0	1.693	0.472	12.866	5.436	2.155 ~ 13.710	< 0.001
PO ₂ (mmHg)	< 中位数水平 = 1, 中位数水平 = 0	1.492	0.446	11.191	4.446	1.855 ~ 10.656	0.001
SaO ₂ (%)	< 中位数水平 = 1, 中位数水平 = 0	1.293	0.361	12.829	3.644	1.796 ~ 7.393	< 0.001

2.4 血清 CysC、GGT 水平及动脉血气指标与患者 FEV₁% pred 的相关性分析

患者的血清 CysC、GGT、PCO₂ 水平与 FEV₁% pred 负相关 ($P < 0.05$), PO₂、SaO₂ 水平与 FEV₁% pred 正相关 ($P < 0.05$)。见表 4。

2.5 血清 CysC、GGT 水平以及 PCO₂、PO₂、SaO₂ 对患者 COPD 重度病情的预测效能

ROC 结果显示, 血清 CysC 水平、血清 GGT 水平、PCO₂、PO₂、SaO₂ 及五者联合预测 COPD 重度病情的曲线下面积 (AUC) 分别为 0.851、0.836、0.871、0.870、0.856、0.922, 敏感度分别为 76.57%、86.67%、83.33%、73.33%、86.67%、96.57%, 特异度分别为 80.31%、71.65%、78.74%、86.61%、72.44%、71.65%, 诊断效能均较高 ($P < 0.05$)。见表 5 及图 1。

表 5 血清 CysC、GGT、PCO₂、PO₂、SaO₂ 及五者联合对患者重度 COPD 的预测效能

变量	AUC 值	P 值	95% CI	敏感度 (%)	特异度 (%)	截断值	约登指数
血清 CysC	0.851	< 0.001	0.785 ~ 0.902	76.57	80.31	3.31 mg/L	0.569
血清 GGT	0.836	< 0.001	0.768 ~ 0.890	86.67	71.65	317.54 U/L	0.583
PCO ₂	0.871	< 0.001	0.808 ~ 0.919	83.33	78.74	60.96 mmHg	0.621
PO ₂	0.870	< 0.001	0.807 ~ 0.918	73.33	86.61	70.36 mmHg	0.599
SaO ₂	0.856	< 0.001	0.792 ~ 0.907	86.67	72.44	82.11%	0.591
五者联合	0.922	< 0.001	0.868 ~ 0.959	96.57	71.65	-	0.682

表 4 血清 CysC、GGT 水平及动脉血气指标与患者 FEV₁% pred 的相关性分析

指标	FEV ₁ % pred	
	r 值	P 值
血清 CysC (mg/L)	-0.765	< 0.001
血清 GGT (U/L)	-0.485	< 0.001
PCO ₂ (mmHg)	-0.621	< 0.001
PO ₂ (mmHg)	0.594	< 0.001
SaO ₂ (%)	0.666	< 0.001

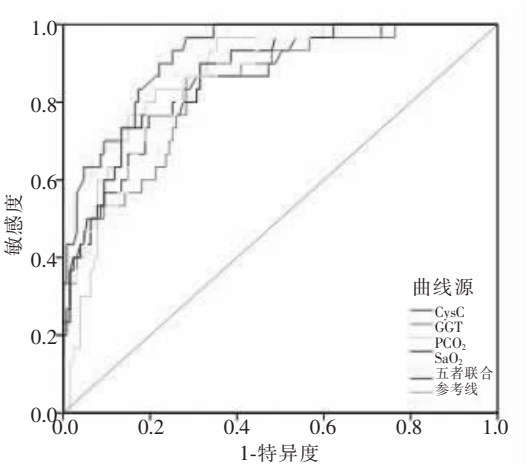


图 1 血清 CysC、GGT、PCO₂、PO₂、SaO₂ 以及五者联合预测患者 COPD 重度病情的 ROC 曲线

3 讨论

COPD 进展是多种机制共同作用的结果, 而 COPD 病情进展不仅导致患者呼吸功能持续下降,

限制了其日常活动能力和运动耐力,还严重降低了生活质量,同时伴随着睡眠障碍和心理负担的加重^[8-9]。因此,准确评估 COPD 患者病情对于减缓病情进展、提高患者生活质量至关重要。血清标志物为临床评估 COPD 患者病情提供了一种非侵入性的手段来监测疾病进展及预测预后^[10]。尽管这些血清标志物展现出在 COPD 评估中的巨大潜力,但仍需进一步研究验证其特异度和敏感度。

CysC 是一种半胱氨酸蛋白酶抑制剂,由有核细胞产生^[11]。本研究显示,三组患者的血清 CysC 水平比较:重度组 > 中度组 > 轻度组 ($P < 0.05$),提示血清 CysC 水平与患者 COPD 严重程度有关。本研究进一步显示,高水平血清 CysC 是导致 COPD 病情加重的危险因素,且血清 CysC 水平与 FEV₁% pred 负相关 ($P < 0.05$)。原因可能在于,COPD 患者持续的气道炎症是疾病进展的关键因素,CysC 能够抑制多种炎症相关蛋白酶的活性,当血清 CysC 水平异常升高时,这种抑制作用可能失衡,导致炎症反应的过度激活,而高水平的 CysC 可能通过促进炎症细胞的活化和迁移,增加炎症因子的释放,从而加剧 COPD 的气道炎症,促进病情进展^[12]。蛋白酶-抗蛋白酶平衡对维持肺组织正常至关重要,CysC 作为抗蛋白酶系统的重要组成部分,能抑制多种蛋白酶活性,然而当血清 CysC 水平过高时,这种抑制作用可能变得过于强烈,导致部分具有修复作用的蛋白酶(如基质金属蛋白酶等)活性降低,影响肺组织的修复和重塑过程,而进一步加剧 COPD 的病情进展^[13-14]。因此,监测 CysC 水平的变化对于评估 COPD 患者的病情和预后具有重要意义。

GGT 参与谷氨酰基转移,能催化谷胱甘肽等谷氨酰基团转移至受体,从而在细胞膜上发挥作用^[15]。本研究显示,三组患者的血 GGT 水平比较:重度组 > 中度组 > 轻度组 ($P < 0.05$),提示血清 GGT 水平与患者 COPD 严重程度密切相关。本研究进一步分析显示,高水平血清 GGT 是导致 COPD 病情加重的危险因素,且患者的血清 GGT 水平与 FEV₁% pred 负相关 ($P < 0.05$)。其原因可能在于,COPD 患者肺部会产生大量活性氧自由基,引发氧化应激,在氧化应激状态下,谷胱甘肽被大量消耗,而高水平的 GGT 则能促进谷胱甘肽的分解代谢,降低细胞内抗氧化能力,进而加剧肺部和其他器官的损伤^[16]。已有研究^[17]表明,高水平 GGT 可激活炎症细胞,释放介质,加剧肺部炎症,引起气道壁增厚、黏液增多、狭窄等病变,加重 COPD 病情。因此,在临床实践中,应密切关注 COPD 患者的 GGT 水平变化,及时采取治疗措施可能有助于减轻患者病情和

提高生活质量。

PCO₂ 是衡量肺泡通气量的重要指标,其水平高低与呼吸功能紧密相关,升高可能提示呼吸性酸中毒,多由通气不足引起;而降低则可能预示呼吸性碱中毒,多因过度通气所致^[18]。PO₂ 是反映肺换气功能的重要指标,SaO₂ 则是指动脉血液中的氧气-血红蛋白饱和度,与 PO₂ 水平相关,COPD 患者由于肺部炎症和气道阻塞,可能导致肺部气体交换功能不全,进而引起 PO₂ 下降和 SaO₂ 降低^[19]。本研究显示,三组患者的 PCO₂ 水平比较:重度组 > 中度组 > 轻度组 ($P < 0.05$);PO₂、SaO₂ 水平比较:重度组 < 中度组 < 轻度组 ($P < 0.05$)。提示动脉血气分析指标与患者 COPD 严重程度相关。进一步分析显示,高水平 PCO₂ 以及低水平 PO₂、SaO₂ 均是导致 COPD 病情加重的危险因素,且 PCO₂ 水平与 FEV₁% pred 负相关 ($P < 0.05$),PO₂、SaO₂ 水平均与 FEV₁% pred 正相关 ($P < 0.05$)。其原因可能在于,高水平 PCO₂ 会刺激呼吸中枢的化学感受器,初期可能引起呼吸加深加快,但长时间的高 CO₂ 刺激会导致呼吸中枢抑制,使得呼吸驱动力下降,通气量减少,从而加重 COPD 患者的呼吸困难^[20]。低水平 PO₂ 及 SaO₂ 使组织得不到足够的氧气供应,导致组织缺氧,在缺氧状态下,细胞代谢障碍,能量产生减少,影响肺组织和其他器官的修复和功能^[21]。但早期 COPD 患者血气指标可能处于正常范围,难以通过血气分析识别,因此动脉血气分析在 COPD 病情诊断中作用较为有限,还需结合其他检查手段进行综合评估^[22]。本研究 ROC 结果显示,血清 CysC 水平、血清 GGT 水平及动脉血气指标联合预测 COPD 病情严重程度的 AUC 为 0.922,相较于单一指标诊断,联合诊断效能较高 ($P < 0.05$)。提示临床可通过检测血清 CysC、GGT 水平联合动脉血气分析指标评估 COPD 患者的病情严重程度。

综上,血清 CysC、GGT 水平以及动脉血气分析与 COPD 患者病情严重程度存在密切联系,其中血清 CysC、GGT 和 PCO₂ 水平随患者病情加重而升高,PO₂、SaO₂ 水平随患者病情加重而降低,临床可通过检测血清 CysC、GGT 水平联合动脉血气分析指标评估 COPD 患者的病情严重程度。

参考文献

[1] Christenson SA, Smith BM, Bafadhel M, *et al.* Chronic obstructive pulmonary disease[J]. Lancet, 2022, 399(10342): 2227 - 2242.

[2] 张芝瑞, 张艳, 李俊杰, 等. 慢性阻塞性肺疾病并发肺动脉高压患者血清微小 RNA-130a、中性粒细胞与淋巴细胞比值、胸部血管 CT 参数变化及其与病情程度关系研究[J]. 陕西医学杂志, 2024, 53(12): 1640 - 1644.

[3] MacLeod M, Papi A, Contoli M, *et al.* Chronic obstructive pulmonary disease exacerbation fundamentals; Diagnosis, treatment, prevention and disease impact[J]. *Respirology (Carlton, Vic)*, 2021, 26(6): 532 – 551.

[4] 彭岩, 陈碧, 卢立国. COPD 急性加重期合并呼吸衰竭患者血清 CysC、GGT 水平与循环指标变化[J]. *北华大学学报(自然科学版)*, 2024, 25(4): 466 – 471.

[5] 卢国栋, 陈园, 曹钦. 无创呼吸机治疗老年慢性阻塞性肺疾病急性发作合并呼吸衰竭的疗效及其对动脉血气的影响观察[J]. *贵州医药*, 2022, 46(3): 381 – 382.

[6] Fabbri LM, Hurd SS, Scientific Committee GOLD. Global strategy for the diagnosis, management and prevention of COPD; 2003 update[J]. *The European Respiratory Journal*, 2003, 22(1): 1 – 2.

[7] 张巧玲, 胡小溪. 老年 COPD 患者血清 α -HBD 水平与其病情严重程度的相关性分析[J]. *临床医学工程*, 2021, 28(12): 1735 – 1736.

[8] Ritchie AI, Wedzicha JA. Definition, causes, pathogenesis, and consequences of chronic obstructive pulmonary disease exacerbations[J]. *Clinics in Chest Medicine*, 2020, 41(3): 421 – 438.

[9] Mountain R, Duan KI, Johnson KM. Benefit-harm analysis of earlier initiation of triple therapy for prevention of acute exacerbation in patients with chronic obstructive pulmonary disease[J]. *Annals of the American Thoracic Society*, 2024, 21(8): 1139 – 1146.

[10] 朱能洋, 韩志海, 陈旭昕, 等. 慢性阻塞性肺疾病患者肺功能 MMEF/FVC 与 FeNO、血清标志物的相关性及其意义[J]. *解放军医学院学报*, 2022, 43(4): 371 – 376.

[11] Tu X, Lin T, Huang L, *et al.* The diagnostic performance of Cr/CysC for sarcopenia and its predictive value on clinical outcomes in hospitalized older patients; a prospective cohort study[J]. *European Geriatric Medicine*, 2024, 15(2): 579 – 588.

[12] Zhang D. Correlation analysis of early renal injury in elderly patients with acute exacerbations of chronic obstructive pulmonary disease[J]. *International Journal of Chronic Obstructive Pulmonary Disease*, 2022, 17: 2109 – 2115.

[13] 张伟, 何正琼, 吴希. 老年 COPD 合并呼吸衰竭患者血清 hs-CRP、GGT、CysC 水平与病情急性发作的相关性分析[J]. *标记免疫分析与临床*, 2021, 28(1): 81 – 84, 97.

[14] Hirai K, Tanaka A, Homma T, *et al.* Serum creatinine/cystatin C ratio as a surrogate marker for sarcopenia in patients with chronic obstructive pulmonary disease[J]. *Clinical Nutrition (Edinburgh, Scotland)*, 2021, 40(3): 1274 – 1280.

[15] Sun D, Liu H, Ouyang Y, *et al.* Serum levels of gamma-glutamyl-transferase during stable and acute exacerbations of chronic obstructive pulmonary disease[J]. *Medical Science Monitor*, 2020, 26: e927771.

[16] Du W, Guan H, Wan X, *et al.* Circulating liver function markers and the risk of COPD in the UK Biobank[J]. *Frontiers in Endocrinology*, 2023, 14: 1121900.

[17] 李睿, 陈传国, 朱茂治. 慢性阻塞性肺疾病急性加重患者血清 GGT 水平与炎症因子及肺功能的关系[J]. *中国医药导报*, 2020, 17(27): 175 – 178, 182.

[18] Jouwena J, Eerlings SA, De Wolf AM, *et al.* Arterial to end-tidal CO₂ gradients during isocapnic hyperventilation[J]. *Journal of Clinical Monitoring and Computing*, 2023, 37(1): 311 – 317.

[19] Wu Y, Hong X, Yang N, *et al.* Changes of blood gas and serum indexes in patients with acute heart failure complicated with respiratory failure treated by noninvasive ventilator[J]. *Pakistan Journal of Medical Sciences*, 2022, 38(7): 1766 – 1770.

[20] 赵娜, 乔惠萍, 张玉龙. COPD 急性加重期中医辨证分型与肺功能血气分析呼吸困难量表的相关性研究[J]. *河北医学*, 2019, 25(5): 838 – 841.

[21] 冯晋平, 令狐红霞. 老年慢性阻塞性肺疾病急性加重期合并衰弱患者血气分析、微炎症指标及肺功能分级、衰弱程度与预后的相关性[J]. *临床误诊误治*, 2024, 37(7): 32 – 36.

[22] 王述红, 邱容, 罗晓斌, 等. 慢性阻塞性肺疾病患者血气分析指标、FeNO、EOS% 水平变化与 CAT 评分的相关性研究[J]. *现代检验医学杂志*, 2021, 36(4): 156 – 161.

(收稿日期: 2025 – 03 – 01 修回日期: 2025 – 04 – 27)