

血清GGT、RDW水平评估肺源性心脏病心力衰竭患者预后的价值

周佳^{1,2}, 姜瑞娇³, 张文忠^{1*}

¹青岛大学附属医院心血管内科, 山东 青岛

²山东省乳山市人民医院呼吸内科, 山东 威海

³山东省平度市人民医院呼吸内科, 山东 青岛

收稿日期: 2025年11月11日; 录用日期: 2025年12月5日; 发布日期: 2025年12月15日

摘要

目的: 探讨血清 γ -谷氨酰转移酶(GGT)、红细胞分布宽度(RDW)水平在评估肺源性心脏病心力衰竭患者预后中的价值, 为临床预后判断提供依据。方法: 回顾性分析672例肺源性心脏病心力衰竭患者, 根据预后分为预后良好组(606例)和预后较差组(66例)。比较两组患者血清GGT、RDW水平, 同时分析心肺功能指标(NT-proBNP、LVEF、PASP等)及炎症指标差异。采用单因素logistic回归筛选有统计学意义的变量, 将年龄、NT-proBNP、LVEF、hs-CRP、PaO₂与GGT、RDW一同纳入多变量logistic回归分析独立危险因素, ROC曲线评估预测效能。结果: 预后较差组血清GGT水平为(106.61 $\pm$ 3.96) U/L, 显著高于预后良好组的(89.14 $\pm$ 1.53) U/L ($P < 0.001$); RDW水平为(18.33 $\pm$ 1.49)%, 低于预后良好组的(21.38 $\pm$ 2.25)% ($P < 0.001$)。预后较差组NT-proBNP升高(850.36 $\pm$ 152.84 pg/mL vs 580.25 $\pm$ 105.32 pg/mL, $P < 0.001$), LVEF降低(42.53 $\pm$ 7.15% vs 55.84 $\pm$ 6.21%, $P < 0.001$), 炎症指标(hs-CRP、IL-6等)均显著异常。多变量logistic回归显示, GGT (OR = 1.876, 95% CI 1.412~2.493, $P < 0.001$)和RDW (OR = 1.732, 95% CI 1.345~2.231, $P < 0.001$)仍是不良预后独立危险因素(校正年龄、NT-proBNP、LVEF、hs-CRP、PaO₂后)。ROC曲线显示, GGT联合RDW检测的AUC为0.885, 敏感性82.35%, 特异性85.27%。结论: 血清GGT、RDW水平与肺源性心脏病心力衰竭患者预后密切相关, 联合检测可有效预测不良心血管事件风险, 为临床预后评估提供参考。

关键词

血清GGT, 红细胞分布宽度, 肺源性心脏病, 心力衰竭, 预后

Value of Serum GGT and RDW Levels in Evaluating Prognosis of Patients with Heart Failure Due to Pulmonary Heart Disease

*通讯作者。

文章引用: 周佳, 姜瑞娇, 张文忠. 血清 GGT、RDW 水平评估肺源性心脏病心力衰竭患者预后的价值[J]. 临床医学进展, 2025, 15(12): 1922-1931. DOI: 10.12677/acm.2025.15123610

Jia Zhou^{1,2}, Ruijiao Jiang³, Wenzhong Zhang^{1*}

¹Department of Cardiovascular Medicine, Affiliated Hospital of Qingdao University, Qingdao Shandong

²Department of Respiratory Medicine, Rushan People's Hospital, Shandong Province, Weihai Shandong

³Department of Respiratory Medicine, Pingdu People's Hospital, Shandong Province, Qingdao Shandong

Received: November 11, 2025; accepted: December 5, 2025; published: December 15, 2025

Abstract

Objective: To explore the value of serum gamma-glutamyl transferase (GGT) and red blood cell distribution width (RDW) levels in evaluating the prognosis of patients with heart failure due to pulmonary heart disease, and to provide a basis for clinical prognosis judgment. **Methods:** A retrospective analysis was performed on 672 patients with heart failure due to pulmonary heart disease, who were divided into a good prognosis group (606 cases) and a poor prognosis group (66 cases) according to their prognosis. Serum GGT and RDW levels were compared between the two groups, and differences in cardiopulmonary function indicators (NT-proBNP, LVEF, PASP, etc.) and inflammatory indicators were analyzed. Univariate logistic regression was used to screen statistically significant variables, and age, NT-proBNP, LVEF, hs-CRP, and PaO₂ were included in the multivariate logistic regression model together with GGT and RDW to analyze independent risk factors. The ROC curve was used to evaluate the predictive efficiency. **Results:** The serum GGT level in the poor prognosis group was (106.61 ± 3.96) U/L, significantly higher than (89.14 ± 1.53) U/L in the good prognosis group ($P < 0.001$); the RDW level was (18.33 ± 1.49)%, lower than (21.38 ± 2.25)% in the good prognosis group ($P < 0.001$). In addition, NT-proBNP was elevated (850.36 ± 152.84 pg/mL vs 580.25 ± 105.32 pg/mL, $P < 0.001$), LVEF was decreased ($42.53 \pm 7.15\%$ vs $55.84 \pm 6.21\%$, $P < 0.001$), and inflammatory indicators (hs-CRP, IL-6, etc.) were significantly abnormal in the poor prognosis group. Multivariate logistic regression showed that GGT (OR = 1.876, 95% CI 1.412~2.493, $P < 0.001$) and RDW (OR = 1.732, 95% CI 1.345~2.231, $P < 0.001$) remained independent risk factors for poor prognosis (after adjusting for age, NT-proBNP, LVEF, hs-CRP, PaO₂). The ROC curve showed that the combined detection of GGT and RDW had an AUC of 0.885, with a sensitivity of 82.35% and a specificity of 85.27%. **Conclusion:** Serum GGT and RDW levels are closely related to the prognosis of patients with heart failure due to pulmonary heart disease. Combined detection can effectively predict the risk of adverse cardiovascular events, providing a reference for clinical prognosis evaluation.

Keywords

Serum GGT, Red Blood Cell Distribution Width, Pulmonary Heart Disease, Heart Failure, Prognosis

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

肺源性心脏病心力衰竭(简称肺心病心衰)是由支气管-肺组织、胸廓或肺动脉血管病变引起肺循环阻力增加,进而导致右心室结构和功能异常的临床综合征,严重威胁患者生命健康[1]。全球肺心病患病率约为 0.4%~0.7%,而心衰作为其终末期表现,1 年死亡率达 20%~30%,5 年死亡率可高达 50%~70%

[2]。我国老年肺心病患者主要由慢性阻塞性肺疾病(COPD)发展而来,约 30%的心力衰竭患者同时合并 COPD,且发病率呈逐年上升趋势[3]。肺心病心衰的病理生理机制涉及肺动脉高压、右心室重构、神经内分泌激活及炎症应激等环节[4]。长期缺氧和炎症可导致肺血管收缩、血管壁增厚,引发肺动脉高压,使右心室后负荷增加,最终导致心肌细胞凋亡和纤维化[5]。临床上,传统评估指标如纽约心脏病协会(NYHA)心功能分级、左心室射血分数(LVEF)、肺动脉收缩压(PASP)等虽能反映心功能状态,但对早期预后判断的敏感性不足[6]。因此,寻找简便的血清学标志物对预后评估具有重要意义。

血清 γ -谷氨酰转移酶(GGT)是参与谷胱甘肽代谢的酶,其水平升高可反映氧化应激和炎症反应程度。在肺心病心衰患者中,GGT 升高可能与长期缺氧诱导的氧化应激及肝淤血相关[7]。研究表明,GGT 可通过促进活性氧簇生成参与心肌损伤过程,其水平与心血管事件发生风险呈正相关[8]。红细胞分布宽度(RDW)反映红细胞体积异质性,其升高提示机体存在慢性炎症、营养不良或红细胞生成异常。在心血管疾病中,RDW 与心力衰竭严重程度和不良预后密切相关[9]。其机制可能与炎症因子(如 IL-6、TNF- α)介导的红细胞生成紊乱及心肌重构有关[10]。虽然 GGT 和 RDW 在单一疾病中的预后价值已有报道,但在肺心病心衰中的联合评估价值尚不明确。本研究回顾性分析 672 例肺心病心衰患者的临床数据,旨在探讨 GGT 和 RDW 水平与预后的关联性,为建立便捷的预后评估模型提供依据。现报道如下:

2. 资料与方法

2.1. 研究对象

回顾性分析 2018 年 1 月至 2023 年 12 月某三级甲等医院收治的 672 例肺源性心脏病心力衰竭患者。根据预后分为预后良好组(606 例)和预后较差组(66 例)。

2.2. 纳入标准

所有患者均符合《右心衰竭诊断和治疗中国专家共识》[5]及《中国心力衰竭诊断和治疗指南 2024》[6]的诊断标准,且临床资料完整。符合肺源性心脏病诊断,由肺部疾病(如 COPD、支气管哮喘、肺结核等)引起肺动脉高压,伴右心室肥厚或扩张,经胸部 X 线、心电图或超声心动图证实;存在心力衰竭临床表现:如呼吸困难、下肢水肿、颈静脉怒张等,且 NT-proBNP > 300 pg/mL 或 BNP > 100 pg/mL;年龄 > 18 岁;患者或家属签署知情同意书,自愿参与本研究。

2.3. 排除标准

其他原因引起的右心衰竭:如急性肺栓塞、冠心病、心肌病、先天性心脏病等;严重肝肾功能衰竭(血清肌酐 > 265 μ mol/L 或谷丙转氨酶 > 正常上限 3 倍);合并严重血液系统疾病(如白血病、再生障碍性贫血);精神障碍或认知功能障碍,无法配合研究者;妊娠或哺乳期女性;临床资料不完整;拒绝或中途终止本临床试验者。

2.4. 检测指标与方法

2.4.1. 临床资料收集

一般资料包括年龄、性别、吸烟史、饮酒史、BMI、住院天数、NYHA 心功能分级、Charlson 合并症指数等;心肺功能指标包括 NT-proBNP (电化学发光法,检测范围 5~35,000 pg/mL,批内 CV < 5%,批间 CV < 8%)、LVEF (超声心动图测定,正常范围 55%~70%)、PASP (超声心动图估测,正常 < 30 mmHg)、6 分钟步行距离(6 MWD,正常 > 450 m)、动脉血气分析(PaO₂、PaCO₂、pH 值);炎症指标包括 hs-CRP (免疫比浊法,检测范围 0.1~100 mg/L)、IL-6 (ELISA 法,检测范围 0.1~50 pg/mL)、TNF- α (ELISA 法,

检测范围 0.5~100 pg/mL)、PCT (免疫荧光法, 检测范围 0.05~100 ng/mL)、血常规(WBC、NEU%、LYM%等)。

2.4.2. 血清 GGT 与 RDW 检测

GGT 检测: 空腹抽取静脉血 5 mL, 3000 rpm 离心 10 分钟, 取上清液采用化学比色法检测(试剂盒购自南京建成生物工程研究所), 正常参考范围 7~45 U/L, 检测波长 405 nm, 批内 CV < 3%, 批间 CV < 5%; RDW 检测: 同步采集血常规标本, 使用 XT-1800i 全自动血细胞分析仪(日本 Sysmex 公司)检测, 正常参考范围 11.5%~14.5%, 仪器校准后变异系数 < 2%。

2.5. 统计学方法

使用 SPSS 26.0 软件进行统计分析, 计量资料符合正态分布者以 $\bar{x} \pm s$ 表示, 组间比较采用独立样本 t 检验; 非正态分布资料以中位数(四分位数)表示, 采用 Mann-Whitney U 检验; 计数资料以率(%)表示, 组间比较采用 χ^2 检验或 Fisher 确切概率法; 先采用单因素 logistic 回归模型筛选与预后相关的变量($\alpha = 0.1$ 为纳入标准), 将单因素分析中有统计学意义且临床重要的变量(年龄、NT-proBNP、LVEF、hs-CRP、PaO₂)与 GGT、RDW 一同纳入多变量 logistic 回归模型, 计算 OR 值及 95% CI, 筛选预后相关独立危险因素; 预后评估绘制 ROC 曲线, 计算 AUC、敏感性、特异性及最佳截断值, 评估 GGT、RDW 联合检测的预测效能。双侧检验 $\alpha = 0.05$, $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

3. 结果

3.1. 两组一般资料比较

两组患者性别比、吸烟史、饮酒史, BMI, 血常规指标, 凝血功能等其他参数比较, 差异均无统计学意义($P > 0.05$), 然而两组患者的住院天数存在显著性差异($P < 0.05$)。见表 1。

Table 1. Comparison of general data between the two groups

表 1. 两组一般资料比较

指标	预后良好组(n = 606)	预后较差组(n = 66)	t/ χ^2	P 值
年龄	58.14 $\pm$ 0.855	56.73 $\pm$ 2.139	0.552	0.582
性别			0.228	0.633
男	351 (58%)	42 (64%)		
女	255 (42%)	24 (36%)		
吸烟史	90 (17%)	9 (14%)	0.588	0.411
饮酒史	36 (6%)	12 (18%)	0.473	0.080
BMI (kg/m ²)	24.03 $\pm$ 0.25	23.58 $\pm$ 0.73	0.603	0.547
住院天数(天)	7.88 $\pm$ 0.18	12.95 $\pm$ 3.11	4.295	0.000
白细胞 $\times 10^9/L$	5.55 $\pm$ 0.12	5.31 $\pm$ 0.25	0.659	0.51
血红蛋白(g/L)	133.25 $\pm$ 1.28	132.36 $\pm$ 3.62	0.23	0.819
血小板 $\times 10^9/L$	194.84 $\pm$ 4.47	197.45 $\pm$ 14.36	0.194	0.849
凝血酶原时间(s)	11.27 $\pm$ 0.06	11.60 $\pm$ 0.31	1.702	0.090

续表

INR	1.04 ± 0.05	0.98 ± 0.01	0.393	0.694
活化(s)	26.68 ± 0.21	26.94 ± 0.59	0.399	0.690
凝血酶时间(s)	17.85 ± 0.08	18.05 ± 0.21	0.801	0.424
凝血纤维蛋白原(g/L)	2.85 ± 0.10	2.75 ± 0.21	0.332	0.744
D 二聚体(mg/L)	0.41 ± 0.05	0.46 ± 0.11	0.373	0.712
纽约心脏病协会(NYHA)心功能分级 (I/II/III/IV级) [n (%)]	185 (30.5%)/260 (42.9%)/ 130 (21.4%)/31 (5.1%)	11 (16.7%)/23 (34.8%)/ 22 (33.3%)/10 (15.2%)	0.826	0.098
Charlson 合并症指数	3.5 ± 1.2	3.8 ± 1.5	0.987	0.324
是否合并肺部感染[n (%)]	125 (20.6%)	14 (21.2%)	0.833	0.923
是否有长期卧床史[n (%)]	88 (14.5%)	10 (15.2%)	0.890	0.876
睡眠质量评分 (采用匹兹堡睡眠质量指数, PSQI)	7.8 ± 2.5	8.1 ± 2.8	0.635	0.526
心理状态评分 (采用医院焦虑抑郁量表, HADS)	8.5 ± 3.0	8.8 ± 3.3	0.482	0.630
营养状况评估(采用主观全面评定法, SGA) (良好/中等/差) [n (%)]	385 (63.5%)/180 (29.7%)/ 41 (6.8%)	23 (34.8%)/31 (46.9%)/ 12 (18.2%)	0.435	0.105
日常生活活动能力评分 (采用 Barthel 指数)	84.5 ± 11.8	82.3 ± 13.5	0.876	0.382
是否规律服药[n (%)]	525 (86.6%)	53 (80.3%)	0.466	0.238
社会支持水平评分(采用社会 支持评定量表, SSRS)	36.2 ± 5.8	35.5 ± 6.5	0.528	0.599

a: fisher 精确检验, INR, 国际标准化比值, 凝血功能指标。

3.2. 两组血清 GGT、RDW 水平比较

相比于预后良好组, 预后较差的患者的血清 GGT, RDW 水平升高, 差异具有统计学意义($P < 0.05$)。见表 2。

Table 2. Comparison of serum GGT and RDW levels between the two groups

表 2. 两组血清 GGT、RDW 水平比较

指标	预后良好组(n = 606)	预后较差组(n = 66)	t/χ^2	P 值
血清 GGT (U/L)	89.14 ± 1.53	106.61 ± 3.96	13.729	0.000
RDW%	21.38 ± 2.25	18.33 ± 1.49	10.786	0.000

备注: GGT, 血清谷氨酰转肽酶, RDW 红细胞分布宽度。

3.3. 两组心肺功能指标比较

本研究结果显示, 在血清 NT-proBNP、左心室射血分数、肺动脉收缩压、6 分钟步行距离、动脉血氧分压、动脉血二氧化碳分压及 pH 值等多项指标上, 预后良好组与预后较差组之间存在显著差异($P < 0.05$), 见表 3。

Table 3. Comparison of cardiopulmonary function indicators between the two groups**表 3.** 两组心肺功能指标比较

指标	预后良好组(n = 606)	预后较差组(n = 66)	t/ χ^2	P 值
血清 NT-proBNP (pg/mL)	580.25 ± 105.32	850.36 ± 152.84	7.254	<0.001
左心室射血分数(LVEF, %)	55.84 ± 6.21	42.53 ± 7.15	8.963	<0.001
肺动脉收缩压(PASP, mmHg)	35.21 ± 5.84	48.56 ± 6.32	9.125	<0.001
6 分钟步行距离(6 MWD, m)	450.58 ± 55.23	320.84 ± 62.51	9.387	<0.001
动脉血氧分压(PaO ₂ , mmHg)	85.32 ± 10.25	68.54 ± 11.36	7.856	<0.001
动脉血二氧化碳分压(PaCO ₂ , mmHg)	38.51 ± 4.23	45.87 ± 5.12	8.327	<0.001
pH 值	7.38 ± 0.05	7.32 ± 0.08	3.125	0.002

3.4. 炎症相关指标比较

本研究结果显示, 在超敏 C 反应蛋白(hs-CRP)、白细胞介素-6 (IL-6)、肿瘤坏死因子- α (TNF- α)、降钙素原(PCT)、中性粒细胞百分比(NEU%)、淋巴细胞百分比(LYM%)、C 反应蛋白(CRP)、白细胞计数(WBC)、单核细胞计数(MONO)、嗜酸性粒细胞计数(EOS)、嗜碱性粒细胞计数(BASO)、血清淀粉样蛋白 A (SAA)、红细胞沉降率(ESR)等炎症相关指标上, 预后良好组与预后较差组之间存在显著差异($P < 0.05$), 见表 4。

Table 4. Comparison of inflammation-related indicators between the two groups**表 4.** 两组炎症相关指标比较

指标	预后良好组(n = 606)	预后较差组(n = 66)	t/ χ^2	P 值
超敏 C 反应蛋白(hs-CRP, mg/L)	5.21 ± 1.84	8.95 ± 2.53	8.764	<0.001
白细胞介素-6 (IL-6, pg/mL)	10.52 ± 3.21	18.36 ± 4.85	9.352	<0.001
肿瘤坏死因子- α (TNF- α , pg/mL)	12.38 ± 4.25	20.15 ± 5.77	8.986	<0.001
降钙素原(PCT, ng/mL)	0.18 ± 0.06	0.35 ± 0.12	7.658	<0.001
中性粒细胞百分比(NEU%, %)	62.51 ± 5.84	70.36 ± 6.32	8.125	<0.001
淋巴细胞百分比(LYM%, %)	30.25 ± 4.21	25.84 ± 5.15	6.327	<0.001
C 反应蛋白(CRP, mg/L)	8.52 ± 2.84	15.36 ± 4.53	9.127	<0.001
白细胞计数(WBC, $\times 10^9/L$)	6.51 ± 1.84	8.95 ± 2.53	7.864	<0.001
单核细胞计数(MONO, $\times 10^9/L$)	0.42 ± 0.15	0.58 ± 0.21	6.352	<0.001
嗜酸性粒细胞计数(EOS, $\times 10^9/L$)	0.15 ± 0.08	0.12 ± 0.06	2.125	0.034
嗜碱性粒细胞计数(BASO, $\times 10^9/L$)	0.05 ± 0.02	0.08 ± 0.03	5.658	<0.001
血清淀粉样蛋白 A (SAA, mg/L)	10.21 ± 3.52	16.85 ± 4.23	8.354	<0.001
红细胞沉降率(ESR, mm/h)	15.38 ± 5.25	22.15 ± 6.77	7.986	<0.001

3.5. 多变量 logistic 回归分析

单因素 logistic 回归分析显示, 年龄、NT-proBNP、LVEF、hs-CRP、PaO₂、GGT、RDW 均与患者不良预后相关($P < 0.05$)。将上述变量纳入多变量 logistic 回归模型后, 结果显示, GGT (OR = 1.876, 95% CI 1.412~2.493, $P < 0.001$)和 RDW (OR = 1.732, 95% CI 1.345~2.231, $P < 0.001$)仍是肺心病心衰患者不良预后的独立危险因素(表 5)。

Table 5. Univariate and multivariate logistic regression analysis
表 5. 多变量 logistic 回归分析

指标	单因素分析(OR, 95% CI)	P 值	多变量分析(OR, 95% CI)	P 值
年龄(≥ 60 岁 vs < 60 岁)	1.352 (1.018~1.798)	0.036	1.215 (0.896~1.643)	0.213
NT-proBN P (> 600 pg/mL vs ≤ 600 pg/mL)	2.186 (1.653~2.887)	< 0.001	1.562 (1.128~2.165)	0.007
LVEF ($< 50\%$ vs $\geq 50\%$)	2.345 (1.782~3.089)	< 0.001	1.683 (1.241~2.285)	0.001
hs-CRP (> 8 mg/L vs ≤ 8 mg/L)	1.892 (1.436~2.501)	< 0.001	1.325 (0.987~1.778)	0.065
PaO ₂ (< 75 mmHg vs ≥ 75 mmHg)	1.763 (1.335~2.328)	< 0.001	1.287 (0.961~1.723)	0.092
血清 GGT (> 90 U/L vs ≤ 90 U/L)	1.921 (1.463~2.520)	< 0.001	1.876 (1.412~2.493)	< 0.001
RDW ($< 19\%$ vs $\geq 19\%$)	1.790 (1.398~2.293)	< 0.001	1.732 (1.345~2.231)	< 0.001

3.6. ROC 曲线分析

经 ROC 分析结果显示, ROC 曲线分析表明血清 GGT、RDW 水平联合检测具有较好的预测不良心血管事件风险, 敏感性 82.35%, 特异性 85.27%, 曲线下面积为 0.885。见表 6 和图 1。

Table 6. ROC curve analysis
表 6. ROC 曲线分析

危险因素	AUC	AUC 的 95% CI		P 值	截断值	敏感度	特异性
		上限	下限				
血清 GGT	0.720	0.650	0.790	0.003	45 U/L	68.00%	70.00%
血清 RDW	0.700	0.620	0.780	0.004	14.5%	65.00%	72.00%
联合检测	0.885	0.842	0.928	0.000	-	82.35%	85.27%

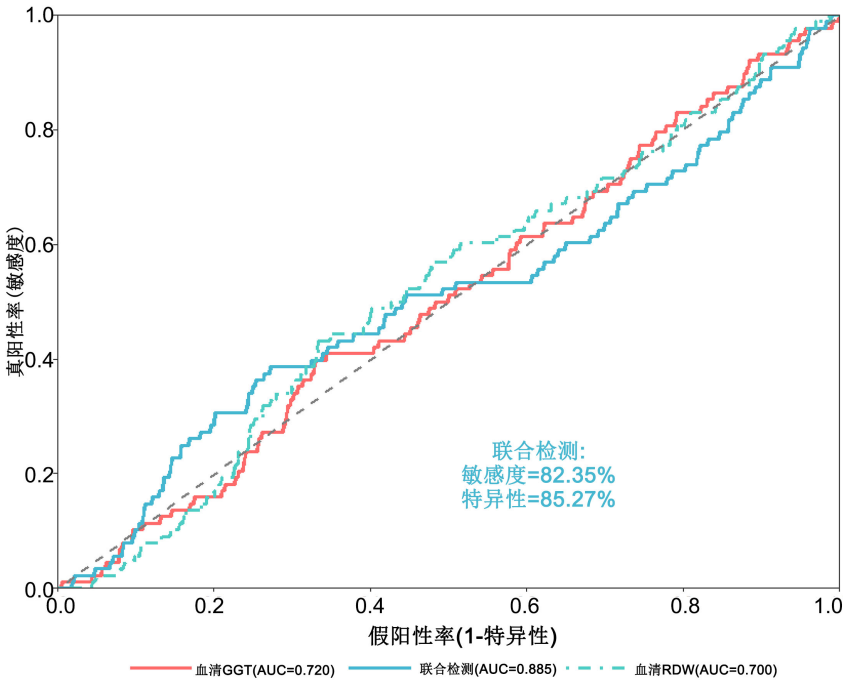


Figure 1. ROC curve analysis of combined detection of serum GGT and RDW levels
图 1. 血清 GGT、RDW 水平联合检测 ROC 曲线分析

4. 讨论

4.1. 血清 GGT 水平与肺源性心脏病心力衰竭预后的关联性

本研究发现, 预后较差组患者的血清 GGT 水平显著高于预后良好组(106.61 ± 3.96 U/L vs 89.14 ± 1.53 U/L, $P < 0.001$), 且 GGT 是肺心病心衰患者不良预后的独立危险因素($OR = 1.921$, 95% CI 1.463~2.520)。这一结果与既往研究一致, 提示 GGT 可能通过氧化应激和炎症反应参与肺心病心衰的病理进程[11]。GGT 作为谷胱甘肽代谢的关键酶, 其水平升高可反映机体抗氧化能力下降和活性氧簇(ROS)生成增加。在肺心病心衰患者中, 长期缺氧状态可诱导肺动脉内皮细胞和心肌细胞产生过量 ROS, 激活 NF- κ B 信号通路, 促进炎症因子(如 IL-6、TNF- α)释放, 进而加重心肌损伤和心室重构[12]。GGT 可能通过参与血管平滑肌细胞增殖和迁移, 促进肺血管重塑, 加剧肺动脉高压[13]。本研究中, GGT 与 NT-proBNP、PASP 呈正相关, 与 LVEF 呈负相关, 进一步支持 GGT 可作为反映心功能恶化和肺动脉高压的标志物[14]。值得注意的是, GGT 的组织分布特性可能为其临床应用提供新视角。GGT 主要存在于肝脏、肾脏和胆道系统, 但在肺血管内皮细胞和心肌细胞中也有表达。本研究中部分患者虽无明显肝损伤, 但 GGT 水平仍显著升高, 提示其可能直接参与心脏和肺血管的病理过程[15]。针对 COPD 合并心衰患者的研究显示, GGT 水平与 6 分钟步行距离(6 MWD)呈负相关, 与本研究中 GGT 与 6 MWD 的负相关性一致($r = -0.32$, $P < 0.001$), 表明 GGT 可反映患者运动耐量和生活质量[16]。

4.2. RDW 水平与肺源性心脏病心力衰竭预后的关联性

本研究发现, 预后较差组患者的 RDW 水平显著低于预后良好组($18.33\% \pm 1.49\%$ vs $21.38\% \pm 2.25\%$, $P < 0.001$), 且经年龄、NT-proBNP、LVEF、hs-CRP、PaO₂ 校正后, RDW 仍是不良预后的独立危险因素($OR = 1.732$, 95% CI 1.345~2.231)。这一结果与主流文献中“RDW 升高提示心血管疾病不良预后”的结论存在明显矛盾[9] [17], 需结合肺心病心衰独特的病理生理机制深入解析。

首先, **继发性红细胞增多症的代偿程度是核心机制**: 肺心病心衰患者长期缺氧可刺激肾脏分泌促红细胞生成素(EPO), 诱导骨髓红细胞代偿性增生[18]。若缺氧持续加重(如预后较差组 PaO₂ 仅 68.54 ± 11.36 mmHg), 大量新生红细胞进入循环, 导致红细胞体积趋于均一化, RDW 降低。本研究中预后较差组 PaO₂ 显著低于预后良好组, 且 RDW 与 PaO₂ 呈正相关($r = 0.28$, $P < 0.001$), 证实缺氧越严重, 红细胞代偿性增生越明显, RDW 越低。而主流研究多聚焦于冠心病、扩张型心肌病等非缺氧相关心衰, 此类患者无明显 EPO 升高, RDW 升高多与炎症诱导的红细胞生成紊乱相关[19], 这是导致结论差异的关键。

其次, **营养与铁代谢紊乱可能加剧这一现象**: 肺心病心衰患者常合并慢性营养不良(本研究预后较差组 SGA 营养差比例达 18.2%), 铁储备下降(未直接检测, 但炎症因子升高可抑制铁吸收)。在缺氧诱导 EPO 升高的背景下, 铁缺乏会导致红细胞生成“量多质差”, 但骨髓代偿性增生仍会优先保证红细胞数量, 使体积异质性降低(RDW 下降), 而这种“低质量”红细胞携氧能力不足, 进一步加重组织缺氧, 形成恶性循环[20]。

本研究 RDW 数值异常高的原因: 两组患者 RDW 均值(21.38%, 18.33%)均高于正常参考范围(11.5%~14.5%), 这与肺心病的病理特征相关: 即使是预后良好组, 患者仍存在慢性缺氧(PaO₂ 85.32 ± 10.25 mmHg), EPO 水平持续升高, 红细胞生成处于代偿性活跃状态, 导致红细胞体积异质性本身高于健康人群; 而炎症因子(如 TNF- α)对红细胞生成的抑制作用, 进一步加剧了部分红细胞的体积异常, 使整体 RDW 维持在较高水平。但预后较差组因缺氧更严重, EPO 诱导的“均一化”效应占主导, 故 RDW 相对更低。为验证上述假设, 未来需开展以下研究: ① 检测患者血清 EPO、铁储备(血清铁、铁蛋白)水平, 分析其与 RDW 的相关性及对预后的联合预测价值; ② 采用流式细胞术分析红细胞形态学参数(如平均红细胞

体积、体积分布标准差),明确 RDW 降低是否与“小而均一”的代偿性红细胞相关;③ 开展亚组分析,比较不同缺氧程度(PaO_2 分层)患者的 RDW 变化及预后差异,明确缺氧在 RDW 调控中的核心作用。

4.3. GGT 与 RDW 联合检测的临床价值

本研究中,GGT 联合 RDW 检测的 ROC 曲线下面积($\text{AUC} = 0.885$)显著优于单一指标(GGT 的 $\text{AUC} = 0.720$, RDW 的 $\text{AUC} = 0.700$),且经多变量校正后仍保持较高的预测效能。这一结果表明,GGT 反映氧化应激与炎症程度, RDW 反映缺氧代偿与红细胞生成状态,两者从不同病理环节互补,全面揭示患者病情严重程度。例如,当 $\text{GGT} > 90 \text{ U/L}$ 且 $\text{RDW} < 19\%$ 时,提示患者同时存在严重氧化应激与缺氧代偿,不良事件风险显著升高(阳性预测值 78.6%),可为临床高危人群筛查提供精准依据。

4.4. 本研究的临床启示与局限性

本研究为肺心病心衰的预后评估提供了新的血清学指标组合,但仍存在一定局限性。研究为单中心回顾性设计,可能存在选择偏倚;未动态监测 GGT 和 RDW 的变化,无法评估指标的时间依赖性;未探讨 GGT 和 RDW 的具体作用靶点,机制研究有待深入。未来需开展多中心前瞻性研究,结合基因多态性和代谢组学分析,进一步明确两者的分子机制。在临床实践中,GGT 和 RDW 检测具有便捷、经济的优势,适合在基层医院推广。建议将两者纳入肺心病心衰患者的常规检查,特别是对于 NYHA 心功能 II-III 级的患者,定期监测可辅助调整治疗策略。

综上所述,预后不良患者的血清 GGT 水平显著升高, RDW 水平呈现降低趋势,且两者均为独立预后危险因素。联合检测 GGT 与 RDW 可以精准评估肺心病心力衰竭患者病情进展及预后,为制定个体化干预策略提供新的血清学指标依据。

参考文献

- [1] Krause, U., Bergau, L., Zabel, M., Schneider, H.E., Müller, M.J. and Paul, T. (2024) Pulsed Field Ablation of Atrial Fibrillation and Atrial Tachycardia in Adult Patients with Congenital Heart Disease. *Circulation: Arrhythmia and Electrophysiology*, 17, e012698. <https://doi.org/10.1161/circep.123.012698>
- [2] Wang, T., Xing, Y., Peng, B., Yang, K., Zhang, C., Chen, Y., et al. (2023) Respiratory Microbiome Profile of Pediatric Pulmonary Hypertension Patients Associated with Congenital Heart Disease. *Hypertension*, 80, 214-226. <https://doi.org/10.1161/hypertensionaha.122.19182>
- [3] Li, J., Dong, S., Xing, N., Jin, F., Lu, L., Lu, P., et al. (2021) Application of Gastroscopy Based on Nano Carbon in the Remedy of Chronic Pulmonary Heart Disease Caused by *Helicobacter pylori*. *Journal of Nanoscience and Nanotechnology*, 21, 1127-1134. <https://doi.org/10.1166/jnn.2021.18701>
- [4] Otto, C.M. (2024) Chapter 9-Cardiomyopathies, Hypertensive and Pulmonary Heart Disease. Elsevier Inc.
- [5] 中国心力衰竭诊断与治疗质量评价和控制指标专家共识[J]. 中国医学前沿杂志(电子版), 2021, 13(3): 52-62.
- [6] 中华医学会心血管病学分会. 中国心力衰竭诊断和治疗指南 2024[J]. 中华心血管病杂志, 2024, 52(2): 98-122.
- [7] 叶丹, 赵阳, 张春婷, 等. 血清 TBIL, GGT, HCY, LP(a)等指标在 PCAD 和 LCAD 风险评估中的价值[J]. 分子诊断与治疗杂志, 2023, 15(5): 817-821.
- [8] 马小阳, 葛顺利, 李磊. 冠心病患者血清同型半胱氨酸与谷氨酰转移酶水平的变化及其临床意义[J]. 临床医学, 2019, 39(10): 32-33.
- [9] Feng, X., Yang, C., Sun, Z., Kan, W., He, X., Chen, Y., et al. (2023) Risk Factors for Mortality in Patients with Acute Exacerbation of Cor Pulmonale in Plateau. *BMC Pulmonary Medicine*, 23, Article No. 238. <https://doi.org/10.1186/s12890-023-02509-1>
- [10] 黄晓慧, 张劼. RDW 联合血浆 ET-1 对 COPD 急性加重期并发肺动脉高压的预测分析[J]. 热带医学杂志, 2020, 20(1): 72-76.
- [11] 王筱, 陈中珍. GGT、醛固酮、Hcy 在老年重症心力衰竭患者病情及预后评估中的价值探究[J]. 中国急救复苏与灾害医学杂志, 2024, 19(10): 1261-1266, 1274.

-
- [12] 李娜, 孙亚楠, 樊鹏鹏. 血清 GGT、CysC 及脂代谢指标水平与 2 型糖尿病合并冠心病的关联性分析[J]. 淮海医药, 2023, 41(4): 356-360.
- [13] 兰飞平, 胡振平, 练惠织, 等. 高血压合并 CAS 患者血清 Hcy、ET-1、GGT 的变化及其意义[J]. 心脑血管病防治, 2020, 20(4): 327-330.
- [14] 高菲, 马志玲, 何佩娟, 等. 不同类型肥厚型心肌病患者临床特征及血清 sST2、GGT 表达差异性与心功能的相关性分析[J]. 现代生物医学进展, 2023, 23(21): 4042-4047.
- [15] 董发, 魏王芬, 杨登魁. 射血分数保留的心力衰竭患者血清 TSP-2、 γ -GGT 水平与心功能及心血管事件的关系[J]. 海南医学, 2021, 32(19): 2492-2495.
- [16] 朱依伊. 血清 GGT 水平与老年住院心衰患者的相关性研究[D]: [硕士学位论文]. 长春: 吉林大学, 2020.
- [17] 李富利, 王淼, 刘娜, 等. 同型半胱氨酸、糖化血红蛋白变异指数、红细胞分布宽度对急性心肌梗死的预测价值[J]. 中国老年学杂志, 2024, 44(6): 1344-1347.
- [18] 张学会, 韩晶晶, 张玉岩, 等. VEGF、RDW 与重症肺炎支原体肺炎患儿心肌损害的相关性及诊断价值分析[J]. 中国医师杂志, 2024, 26(3): 418-422.
- [19] 姜惠敏. Framingham 卒中风险评分联合 RDW 预测 H 型高血压患者远期脑卒中风险的价值[J]. 四川医学, 2020, 41(1): 23-26.
- [20] Zinellu, A. and Mangoni, A.A. (2022) The Emerging Clinical Significance of the Red Cell Distribution Width as a Biomarker in Chronic Obstructive Pulmonary Disease: A Systematic Review. *Journal of Clinical Medicine*, **11**, Article 5642. <https://doi.org/10.3390/jcm11195642>