



[DOI]10.3969/j.issn.1001-9057.2025.04.009

<http://www.lcnkzz.com/CN/10.3969/j.issn.1001-9057.2025.04.009>

· 论著 ·

慢性心力衰竭住院患者并发重度肺部感染临床特征分析及列线图预测模型构建

黄丹 韩大伟 张梅梅 荣盼盼 王晓璇

[摘要] **目的** 探讨慢性心力衰竭(CHF)住院患者并发重度肺部感染(SPI)的临床特征及危险因素,构建列线图预测模型。**方法** 根据是否合并SPI将101例CHF住院患者分为观察组(合并SPI,50例)及对照组(未合并SPI,51例)。收集患者的一般临床资料、辅助检查结果及院内治疗情况进行组间比较。危险因素采用多因素logistic回归分析评估,构建列线图预测模型,采用受试者工作特征(ROC)曲线分析其对CHF住院患者并发SPI的预测价值,采用Hosmer-Lemeshow(HL)检验进行模型的拟合优度评估。**结果** 观察组男性、吸烟史、美国纽约心脏病协会心功能(NYHA)分级Ⅲ~Ⅳ级、糖尿病及慢性阻塞性肺疾病(COPD)病史、氨基末端B型钠尿肽前体(NT-proBNP)≥4 146.84 pg/ml、IL-6≥13.9 μg/L患者比例均高于对照组($P < 0.05$)。多因素logistic回归分析结果显示,吸烟史、NYHA分级Ⅲ~Ⅳ级、糖尿病病史、COPD病史及血清NT-proBNP≥4 146.84 pg/ml均是CHF住院患者并发SPI的独立危险因素($P < 0.05$)。ROC曲线分析结果显示,列线图模型预测CHF住院患者并发SPI的价值较高,HL拟合优度检验结果显示模型有较好的校准能力($P = 0.385$)。**结论** 吸烟史、NYHA分级Ⅲ~Ⅳ级、糖尿病及COPD病史、入院时血清NT-proBNP水平≥4 146.84 pg/ml均是CHF住院患者并发SPI的独立危险因素,据此构建的列线图模型预测效能高。

[关键词] 慢性心力衰竭; 重度肺部感染; 临床特征; 危险因素; 列线图预测模型

[中图分类号] R563.1

[文献标识码] A

Analysis of clinical characteristics of chronic heart failure patients complicated with severe pulmonary infection and construction of a nomogram prediction model

Huang Dan, Han Dawei, Zhang Meimei, Rong Panpan, Wang Xiaoxuan. Department of Emergency, Fuyang City Sixth People's Hospital, Fuyang 236000, China

[Abstract] **Objective** To investigate the clinical characteristics and risk factors of severe pulmonary infection(SPI) in patients with chronic heart failure(CHF), and construct a nomogram prediction model.

Methods According to whether SPI was combined, 101 hospitalized CHF patients were divided into observation group(with SPI, 50 cases) and control group(without SPI, 51 cases). General clinical data, auxiliary examination results and in-hospital treatment of patients were collected and compared between groups. Risk factors were evaluated by multifactor logistic regression analysis. Construct a nomogram prediction model, receiver operating characteristics(ROC) curve was used to analyze its predictive value of SPI in CHF patients. Hosmer-Lemeshow(HL) test was used to evaluate the goodness of fit of the model.

Results The proportion of male, smoking history, New York Heart Association(NYHA) grade Ⅲ-Ⅳ, diabetes and chronic obstructive pulmonary disease(COPD), N-terminal pro-B-type natriuretic peptide(NT-proBNP)≥4 146.84 pg/ml and IL-6≥13.9 μg/L in observation group were higher than those in control group($P < 0.05$). Multivariate logistic regression analysis showed that smoking history, NYHA grade Ⅲ-Ⅳ, diabetes history, COPD history and serum NT-proBNP≥4 146.84 pg/ml were all independent risk factors for SPI in CHF patients($P < 0.05$). ROC curve analysis results showed that the value of the nomogram model in predicting the concurrent SPI of CHF patients was higher. HL goodness of fit test results show that the model has good calibration ability($P = 0.385$). **Conclusion** Smoking history, NYHA grade Ⅲ~Ⅳ, diabetes history, COPD history and serum NT-proBNP level at admission was ≥4 146.84 pg/ml are independent risk factors for SPI in CHF patients. The risk prediction model constructed based on these factors has high predictive efficacy.

[Key words] Chronic heart failure; Pulmonary infection; Clinical characteristic; Risk factor; Nomogram prediction model

慢性心力衰竭(CHF)是各类心脏病发展的终末阶段,多因心脏结构和(或)功能异常导致心功能受损、心室射血能力降低无法满足机体代谢需求所致^[1-5]。肺循环淤血是CHF患者的主要表现之一,可诱导肺部水肿或渗出性病变,导致肺顺应性降低,加之CHF患者普遍年龄较高,机体免疫力低下,极易合并肺部感染(PI)。现有的资料显示,CHF与PI关系紧密,二者常伴随出现^[6]。PI一方面可使气道分泌物增多,加重支气管炎性损伤,促使气管痉挛,影响肺通气,使肺动脉压力升高,增加心脏负荷;另一方面可致机体代谢及心肌耗氧量增加,加重心脏负担^[7-8]。故合并PI可反过来加重CHF病情,增加治疗难度,最终影响患者预后转归。因此探索CHF住院患者PI发生的危险因素,对其住院管理至关重要。本研究通过分析CHF住院患者并发重度PI(SPI)的临床特征,筛选SPI发生的危险因素,并构建列线图预测模型,以期对CHF住院患者并发SPI的防治提供一定依据。

对象与方法

1. 对象:回顾性纳入2020年12月~2023年12月我院收治的101例CHF住院患者,根据是否合并SPI^[9]将其分为观察组(合并SPI,50例)及对照组(未合并SPI,51例)。纳入标准:(1)符合《中国心力衰竭诊断和治疗指南2024》^[10]中CHF的相关诊断;(2)年龄43~96岁。排除标准:(1)入院时已存在肺部感染及其他肺部疾病(如肺结核、支气管哮喘等);(2)合并肝肾功能不全;(3)合并肺外感染;(4)合并恶性肿瘤;(5)合并自身免疫性疾病;(6)先天性心脏病及急性心肌梗死、心肌炎。本研究经我院医学伦理委员会审核批准。

2. 方法:通过医院电子病历系统收集患者的一般临床资料、辅助检查结果及院内治疗情况,包括性别、年龄、病程、BMI、吸烟史、饮酒史、美国纽约心脏病协会心功能(NYHA)分级、高血压病史、糖尿病病史、慢性阻塞性肺疾病(COPD)病史、WBC计数、PLT计数、IL-6、C反应蛋白(CRP)、肿瘤坏死因子(TNF)- α 、氨基末端B型钠尿肽前体(NT-proBNP)、左心室射血分数(LVEF)、吸氧及抗心衰药物使用情况[包括“新四联”、“金三角”及其他]。“新四联”方案:血管紧张素受体脑啡肽酶抑制剂(ARNI)/血管紧张素转换酶抑制剂(AECI)/血管紧张素II受体阻滞剂(ARB)+钠-葡萄糖协同转运蛋白2抑制剂(SGLT2i);“金三角”方案:ARNI+ β 受体阻滞剂(BB)+盐皮质激素受体拮抗剂(MRA)^[9]。

3. 统计学处理:应用SPSS 27.0软件进行统计分析。符合正态分布的计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,两组间比较采用独立样本t检验。计数资料以例和率表示,组间比较采用 χ^2 检验。采用多因素logistic回归分析评估CHF住院患者并发SPI的危险因素并构建列线图预测模型,采用受试者工作特征(ROC)曲线分析模型对CHF住院患者并发SPI的预测价值,采用Hosmer-Lemeshow(HL)检验模型的拟合优度。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

结 果

1. 两组患者一般临床资料、辅助检查结果及院内治疗情况比较:观察组男性、吸烟史、NYHA分级III~IV级、糖尿病及COPD病史、NT-proBNP $\geq 4\ 146.84$ pg/ml、IL-6 ≥ 13.90 $\mu\text{g/L}$ 患者比例均高于对照组($P < 0.05$)。两组患者其他资料比较差异均无统计学意义($P > 0.05$)。见表1。

2. CHF住院患者并发SPI的危险因素分析:将上述研究结果中有意义的指标纳入多因素logistic回归分析,结果显示吸烟史、NYHA分级III~IV级、糖尿病病史、COPD病史及血清NT-proBNP $\geq 4\ 146.84$ pg/ml均是CHF住院患者并发SPI的独立危险因素($P < 0.05$)。见表2。

3. CHF住院患者并发SPI列线图预测模型的构建与验证:根据多因素logistic回归分析结果构建CHF住院患者并发SPI的列线图预测模型,见图1。ROC曲线分析结果显示,该列线图模型预测CHF住院患者并发SPI的曲线下面积(AUC)为0.911(95%CI 0.859~0.963),最佳截断值为0.309时,特异度为72.55%,敏感度为94.00%。见图2。HL拟合优度检验结果显示,该模型的预测值与实际观测值之间差异并无统计学意义($\chi^2 = 8.515, P = 0.385$),表明模型有较好的校准能力。

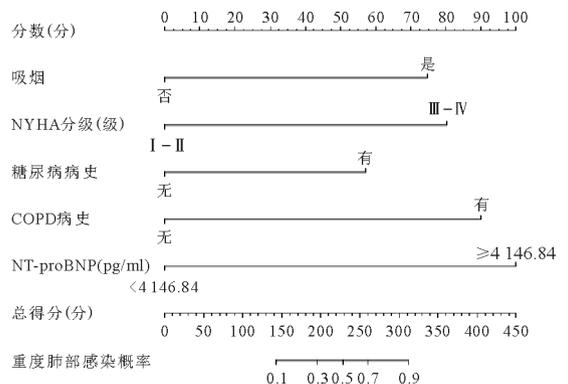


图1 CHF住院患者并发SPI的列线图预测模型

表 1 两组患者一般临床资料、辅助检查结果及院内治疗情况比较[例, (%)]

组别	例数	男性	年龄 (岁, $\bar{x} \pm s$)	病程 (年, $\bar{x} \pm s$)	BMI ($\text{kg}/\text{m}^2, \bar{x} \pm s$)	吸烟史	饮酒史	NYHA 分级	
								I ~ II 级	III ~ IV 级
观察组	50	34(68.0)	77.96 \pm 3.50	12.14 \pm 3.03	24.10 \pm 1.62	36(72.00)	8(16.00)	12(24.00)	38(76.00)
对照组	51	23(45.1)	77.83 \pm 3.00	11.97 \pm 2.54	23.97 \pm 1.70	18(35.29)	7(13.73)	26(50.98)	25(49.02)
χ^2/t 值		5.386	0.201	0.306	0.393	13.672	0.103		7.831
P 值		0.020	0.842	0.760	0.695	0.001	0.748		0.005
组别	例数	高血压 病史	糖尿病 病史	COPD 病史	WBC 计数 ($\times 10^9/\text{L}, \bar{x} \pm s$)	PLT 计数 ($\times 10^9/\text{L}, \bar{x} \pm s$)	IL-6 \geq 13.90 $\mu\text{g}/\text{L}$	CRP ($\text{mg}/\text{L}, \bar{x} \pm s$)	
观察组	50	12(24.00)	35(70.00)	35(70.00)	8.18 \pm 2.25	198.43 \pm 20.76	28(56.0)	25.56 \pm 3.17	
对照组	51	10(19.61)	17(33.33)	18(35.29)	7.89 \pm 2.04	195.24 \pm 21.09	18(35.3)	24.41 \pm 2.79	
χ^2/t 值		0.286	13.590	12.194	0.679	0.766	4.364	1.936	
P 值		0.593	<0.001	<0.001	0.499	0.446	0.037	0.056	
组别	例数	TNF- α ($\text{ng}/\text{L}, \bar{x} \pm s$)	NT-proBNP \geq 4 146.84 pg/ml	LVEF (%, $\bar{x} \pm s$)	吸氧	抗心衰药物使用情况			
						新四联	金三角	其他	
观察组	50	58.90 \pm 8.14	38(76.0)	47.50 \pm 5.60	40(80.00)	25(50.00)	20(40.00)	5(10.00)	
对照组	51	56.35 \pm 7.97	12(23.5)	49.52 \pm 5.37	44(86.27)	28(54.90)	18(35.29)	5(9.80)	
χ^2/t 值		1.593	27.807	1.850	0.710		0.265		
P 值		0.114	<0.001	0.067	0.399		0.786		

表 2 CHF 住院患者并发 SPI 的多因素 logistic 回归分析结果

因素	β 值	S. E.	Wald χ^2 值	OR 值	95% CI	P 值
男性	0.884	0.621	2.024	2.420	0.716 ~ 8.174	0.155
吸烟史	1.850	0.626	8.737	6.363	1.865 ~ 21.703	0.003
NYHA 分级 (III ~ IV 级)	1.792	0.720	6.188	6.001	1.462 ~ 24.623	0.013
糖尿病病史	1.660	0.630	6.949	5.260	1.531 ~ 18.077	0.008
COPD 病史	2.247	0.707	10.097	9.457	2.365 ~ 37.808	0.001
IL-6 \geq 13.90 $\mu\text{g}/\text{L}$	0.201	0.642	0.098	1.223	0.347 ~ 4.303	0.754
NT-proBNP \geq 4 146.84 pg/ml	2.103	0.615	11.684	8.190	2.453 ~ 27.347	0.001
常量	-5.927	1.281	21.420	-	-	0.003

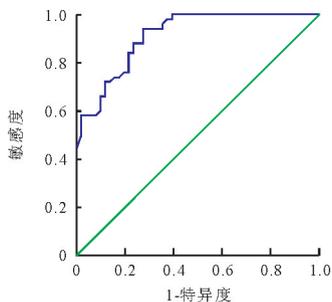


图 2 CHF 住院患者并发 SPI 列线图预测模型的 ROC 曲线

讨 论

CHF 病程呈慢性进展,是导致我国老年人群住院的常见原因^[11]。据统计,全球有超过 6 400 万人受到 CHF 影响^[12]。近年来,在人均寿命延长、心血管危险因素增加等因素的影响下,CHF 患病人数逐年增长,全球范围内 CHF 疾病负担、医疗负担居高不下,这也使其成为当前临床研究的热点话题之一。CHF 患者

合并 PI 可增加患者肺部循环阻力、增加心室收缩负荷,加重 CHF 病情,进而影响患者预后^[13]。但合并 PI 的 CHF 患者大多身体基础状况差、免疫力低下,早期感染表现及实验室检查并不典型,无法及时发现感染灶,临床鉴别诊断困难,因此明确 PI 的易感因素,对于早期诊断 CHF 并发 PI、提高患者生存率有重要意义。

CHF 患者合并 PI 的发生率较高,且影响因素众多。王澈等^[14]对 130 例 CHF 患者进行分析,发现 PI 感染率为 19.23%,患者并发 PI 的风险随着侵入性操作($OR = 2.119$)及 miRNA-21 表达升高($OR = 2.081$)而增加。本研究发现,吸烟史是 CHF 住院患者并发 SPI 的独立危险因素,同马磊等^[15]的研究结果一致。长期吸烟可损伤气管、支气管纤毛柱状上皮,增加呼吸道黏液分泌物,造成呼吸道抵抗力下降,无法有效清除黏液分泌物;同时,吸烟可导致慢性炎症,破坏支气管平滑肌和弹性纤维,造成支气管纤毛排除异物能力随之下降,导致机会病原菌侵袭、定植的风险升高^[16-17]。NYHA 分级是应用临床指南的基础,常被用于评估心衰患者的心脏功能受损程度^[18]。本研究发现,NYHA 分级 III ~ IV 级是 CHF 患者并发 SPI 的独立危险因素,与李敏等^[19]报告结果相似,该研究认为心功能分级 III ~ IV 级为老年 LVEF 降低型心力衰竭患者并发肺部感染的独立危险因素。NYHA 分级越高,提示患者心功能受损越严重,功能状态越差,心肌缺血越严重,肺循环淤血表现更显著,并发 SPI 的概率也随之升高。本研究还发现,糖尿病病史是 CHF 住院患者并发 SPI 的独立危险因素,这可能与有糖尿病病史的 CHF 患者自身内环境紊乱明显,长期血糖控制不佳,高血糖的内环

境有助于细菌繁殖,并降低肺巨噬细胞的免疫防御能力从而导致 SPI 发生有关^[6],但目前相关研究较少,有待进一步证实。最新研究表明,伴 COPD 是老年 CHF 患者并发 PI 的独立影响因素($OR = 12.497$)^[20]。本研究中,与无 COPD 病史的患者相比,有 COPD 病史的 CHF 住院患者并发 SPI 的风险增加了 9.457 倍,与上述结论一致,原因在于有 COPD 病史的患者,长期肺部异常炎症、黏膜增生及细支气管周围结缔组织沉积可导致肺过度膨胀,支气管黏膜上皮细胞变性、坏死,无法有效清除分泌物,导致腔内分泌物潴留,而 CHF 患者往往伴随不同程度的心功能受损情况,心脏供血无法满足机体需求,并加重肺组织水肿渗出和支气管壁炎症反应,这些病理改变为 CHF 并发 SPI 创造了一定条件^[21-22]。既往研究证实,与 CHF 患者相比,CHF 合并 PI 患者的血清 NT-proBNP 水平明显升高^[23]。本研究中,观察组和对照组患者 NT-proBNP 水平比较差异显著,且多因素 logistic 回归分析结果表明,随着 NT-proBNP 水平升高,CHF 住院患者并发 SPI 的风险进一步升高。考虑原因可能是 CHF 患者血清 NT-proBNP 水平普遍升高,而患者 NT-proBNP 水平与其心功能之间存在一定关联性,NT-proBNP 水平越高,提示心脏承受负荷越重,病情越严重,并发 SPI 的风险越高^[24]。与其他研究不同的是,本研究基于上述研究结果构建了列线图预测模型,ROC 曲线分析结果显示,该模型对 CHF 住院患者并发 SPI 的预测价值较好,HL 检验结果提示该模型的预测值与实际观测值之间并无统计学差异,提示该模型有较好的校准能力。但本研究仍存在以下不足:其一,为样本量有限的单中心回顾性研究,所有数据资料均通过病历收集,在患者选择上可能存在偏倚,可能一定程度上影响研究结果的效力;其二,受资料采集条件影响,在进行影响因素分析时,指标选取不够全面,尚有一些可能与 CHF 并发 SPI 相关的因素如 WBC 分类检测结果、降钙素原(PCT)、血清铁蛋白、免疫抑制剂使用情况等未被纳入;其三,未对列线图预测模型进行验证。因此,所得结论可能与临床实际存在偏倚,建议今后增加样本量,纳入更多潜在的影响因素并增加模型验证进一步论证。

综上所述,CHF 并发 SPI 患者以男性为主,表现多样;吸烟、NYHA 分级 III ~ IV 级、糖尿病病史、COPD 病史、血清 NT-proBNP 水平 ≥ 4146.84 pg/ml 是 CHF 住院患者并发 SPI 的独立危险因素,据此构建的列线图预测模型对 CHF 患者并发 SPI 具有良好的预测效能,有助于 SPI 的早期识别和诊治。

参 考 文 献

- [1] Heidenreich PA, Bozkurt B, Aguilar D, et al. 2022 AHA/ACC/HFSA Guideline for the Management of Heart Failure: A Report of the American College of Cardiology/American Heart Association Joint Committee on Clinical Practice Guidelines [J]. *Circulation*, 2022, 145 (18): 895-1032.
- [2] 尹杰,方理刚,林雪,等.左右心室功能与慢性肾功能衰竭患者长期预后的关系[J]. *临床内科杂志*, 2022, 39 (4): 237-240.
- [3] 魏书媛,程艳爽,李海楠,等.聚焦解决模式在提高中青年慢性心力衰竭患者的运动康复依从性中的应用效果分析[J]. *临床内科杂志*, 2024, 41 (11): 782-784.
- [4] 吴茜,何春杨,徐超然.沙库巴曲缬沙坦联合基础治疗对慢性心力衰竭患者血液流变学和心功能状态及运动耐力的影响[J]. *中国医药*, 2024, 19 (9): 1304-1308.
- [5] 谭杰,陈曼曼,陈凌云,等.老年慢性心力衰竭住院患者衰弱影响因素及风险预测模型构建研究[J]. *中华全科医学*, 2024, 22 (6): 991-994, 999.
- [6] 王明娇,陈娟,刘波,等.老年心力衰竭合并肺部感染患者的病原学特征及危险因素分析[J]. *国际检验医学杂志*, 2022, 43 (9): 1075-1078, 1084.
- [7] Johnson SA, Rupp AB, Rupp KL, et al. Clinical outcomes and costs associated with procalcitonin utilization in hospitalized patients with pneumonia, heart failure, viral respiratory infection, or chronic obstructive pulmonary disease [J]. *Intern Emerg Med*, 2021, 16 (3): 677-686.
- [8] Jia Y, Li N, Zhang X, et al. Study on the clinical efficacy, safety and compliance of quality nursing intervention in the treatment of chronic heart failure combined with respiratory tract infections [J]. *Pak J Med Sci*, 2024, 40 (7): 1533-1538.
- [9] 叶任高,陆再英.内科学[M].第6版.北京:人民卫生出版社,2004: 15-38.
- [10] 中华医学会心血管病学分会,中国医师协会心血管内科医师分会,中国医师协会心力衰竭专业委员会,等.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 (3): 235-275.
- [11] Chen J, Aronowitz P. Congestive Heart Failure [J]. *Med Clin North Am*, 2022, 106 (3): 447-458.
- [12] Savarese G, Becher PM, Lund LH, et al. Global burden of heart failure: a comprehensive and updated review of epidemiology [J]. *Cardiovasc Res*, 2023, 118 (17): 3272-3287.
- [13] Heidecker B, Pagnesi M, Lüscher TF. Heart failure and respiratory tract infection: Cause and consequence of acute decompensation [J]. *Eur J Heart Fail*, 2024, 26 (4): 960-962.
- [14] 王澈,李庆民,杨宏辉,等.慢性心衰合并肺部感染病原菌与危险因素及其血清 miRNA-21 水平 [J]. *中华医院感染学杂志*, 2023, 33 (19): 2901-2905.
- [15] 马磊,张毅,刘亚伟.血清 BNP、PCT、IL-6 水平对老年心力衰竭患者并发肺部感染预测价值分析 [J]. *中华保健医学杂志*, 2023, 25 (2): 179-182.
- [16] Lugg ST, Scott A, Parekh D, et al. Cigarette smoke exposure and alveolar macrophages: mechanisms for lung disease [J]. *Thorax*, 2022, 77 (1): 94-101.
- [17] 郑运周,侯天文,张会峰,等.老年冠心病合并肺部感染患者病原学特点及危险因素分析 [J]. *解放军医药杂志*, 2021, 33 (8): 70-73.
- [18] Greene SJ, Butler J, Spertus JA, et al. Comparison of New York Heart Association Class and Patient-Reported Outcomes for Heart Failure With Reduced Ejection Fraction [J]. *JAMA Cardiol*, 2021, 6 (5): 522-531.
- [19] 李敏,赵红强,曹斌,等.老年左室射血分数降低型心力衰竭并发肺部感染预测的 logistic 与 CART 决策树模型对比 [J]. *实用医学杂志*, 2024, 40 (23): 3349-3355.
- [20] 李玉洁,张彤,黄照杰,等.老年慢性心力衰竭合并肺部感染病原学特征及相关因素分析 [J]. *中国病原生物学杂志*, 2025, 20 (2): 220-224, 229.
- [21] Pellicori P, Cleland JGF, Clark AL. Chronic Obstructive Pulmonary Disease and Heart Failure: A Breathless Conspiracy [J]. *Cardiol Clin*, 2022, 40 (2): 171-182.
- [22] 许龙,谭志霞,李秋烨,等.长沙某医院慢阻肺合并肺部感染患者的病原菌分布及药物敏感性分析 [J]. *激光生物学报*, 2022, 31 (5): 433-439.
- [23] 王国玉,巴春贺,李彤,等.老年慢性心力衰竭患者肺部感染的危险因素及其对 PCT、NT-proBNP 及氧化应激指标的影响 [J]. *中南医学科学杂志*, 2023, 51 (1): 110-113.
- [24] 吴倩,杨娟,孙斌.血清 ET-1、NT-proBNP、HIF-1 α 水平与急性左心衰竭患者预后的相关性 [J]. *川北医学院学报*, 2024, 39 (8): 1064-1067.

(收稿日期:2024-11-19)

(本文编辑:余晓曼)