

右心室损伤评分对老年脓毒症患者院内结局的预测价值*

陈丽 刘亚 徐伟**

上海交通大学医学院附属第九人民医院, 上海 201900

[摘要] **目的** 探讨基于超声心动图的右心室损伤 (RVI) 评分对老年脓毒症患者院内结局的预测价值。**方法** 选取 2021 年 1 月—2023 年 10 月上海交通大学医学院附属第九人民医院收治的 86 例老年脓毒症患者作为研究对象, 按照院内是否出现死亡分为死亡组 (18 例) 和生存组 (68 例)。采用多因素 logistic 回归模型分析老年脓毒症患者院内结局的影响因素, 采用 ROC 曲线分析 RVI 评分对老年脓毒症患者院内结局的预测价值。**结果** 生存组与死亡组的机械通气、合并症、尿素氮、降钙素原、活化部分凝血酶时间、凝血酶原时间、急性生理学及慢性健康状况评分 (APACHE II)、RVI 评分比较, 差异均有统计学意义 ($P < 0.05$); 以上指标作为因变量进行多因素 logistic 回归分析, 结果显示: 尿素氮 ($OR = 3.726$, $95\%CI: 1.538 \sim 9.028$)、降钙素原 ($OR = 1.125$, $95\%CI: 1.068 \sim 1.185$)、APACHE II ($OR = 1.912$, $95\%CI: 1.457 \sim 2.510$)、RVI 评分 ($OR = 16.087$, $95\%CI: 2.639 \sim 98.059$) 均为老年脓毒症患者院内死亡的独立影响因素 ($P < 0.05$); ROC 曲线显示, RVI 评分预测脓毒症患者院内死亡风险的 AUC 为 0.853 ($95\%CI: 0.750 \sim 0.956$), 灵敏度为 0.833, 特异度为 0.926, 最大约登指数为 0.759, 最佳阈值为 1.935 分。**结论** 基于超声心动图的 RVI 评分在老年脓毒症患者院内结局预测具有较高的预测价值, 可作为院内结局风险评估的重要指标之一。

[关键词] 脓毒症; 右心室损伤评分; 院内结局; 超声心动图

doi: 10.3969/j.issn.1674-7593.2025.05.012

Predictive value of right ventricular injury score for in-hospital outcome in elderly patients with sepsis

Chen Li, Liu Ya, Xu Wei**

Shanghai Ninth People's Hospital, Shanghai JiaoTong University School of Medicine, Shanghai 201900

** Corresponding author: Xu Wei, email: 2422157904@qq.com

[Abstract] **Objective** To investigate the value of right ventricular injury (RVI) score based on echocardiography in predicting in-hospital outcome in elderly patients with sepsis. **Methods** A total of 86 elderly patients with sepsis admitted to Shanghai Ninth People's Hospital from January 2021 to October 2023 were selected as the subjects of this study and divided into death group (18 cases) and survival group (68 cases) according to whether death occurred in the hospital. Multivariate logistic regression analysis was conducted to analyze the influencing factors of in-hospital outcomes of elderly patients with sepsis. ROC curve analysis of the predictive value of RVI score in in-hospital outcomes of elderly patients with sepsis. **Results** There were significant differences in mechanical ventilation, complications, urea nitrogen, procalcitonin, activated partial thrombin time, prothrombin time, acute physiology and chronic health status score (APACHE II), and RVI score between the survival group and the death group ($P < 0.05$); multivariate logistic regression analysis was performed with the above indicators as dependent variables, and the results showed that urea nitrogen ($OR = 3.726$, $95\%CI: 1.538$ to 9.028), procalcitonin ($OR = 1.125$, $95\%CI: 1.068$ to 1.185), APACHE II ($OR = 1.912$, $95\%CI: 1.457$ to 2.510), and RVI score ($OR = 16.087$, $95\%CI: 2.639$ to 98.059) were independent factors for in-hospital death in elderly patients with sepsis ($P < 0.05$); ROC curve showed that the AUC of RVI score in predicting the risk of in-hospital death in patients with sepsis was 0.853 ($95\%CI: 0.750$ to 0.956), the sensitivity was 0.833, the specificity was 0.926, the maximum Youden index was 0.759, and the optimal threshold was 1.935 scores. **Conclusion** Echocardiography-based RVI score has a high predictive value in predicting in-hospital outcomes in elderly patients with sepsis and can be used as one of the important indicators for in-hospital outcome risk assessment.

[Key words] Sepsis; Right ventricular injury score; In-hospital outcome; Echocardiography

收稿日期: 2024-08-22 修回日期: 2024-09-24 录用日期: 2024-09-25

* 国家自然科学基金项目 (82070401)

** 通信作者: 徐伟, 电子邮箱 2422157904@qq.com

老年脓毒症作为一种严重且常见的感染性疾病,具有高发病率和死亡率,是全球老年患者死亡的主要因素之一^[1]。据统计,老年脓毒症患者的死亡率高达30%~45%,给医疗机构和医护人员带来了巨大的挑战^[2]。老年脓毒症患者因免疫功能低下、多器官功能衰弱等特点,其院内结局往往受到多种因素的影响^[3]。老年脓毒症患者出现院内死亡的情况较为常见,其中心功能损害在院内死亡中占据较大比例。目前认为左心功能在疾病的发生与发展中显得尤为重要,但右心室的功能同样不可忽视,右心室的健康状况对左心室的功能具有重要影响,尤其是在脓毒症等病理状态下,当右心室功能受到损害时,可能导致肺循环压力升高,进一步影响左心室的充盈和排血功能。右心室功能受损在脓毒症患者中尤为常见,右心室可能会在脓毒症中发生内源性心肌抑制、压力或容量过载,因此,右心室衰竭时,除了右心室收缩功能障碍,还可能表现为扩张或与肺循环耦合不佳^[4]。超声心动图被认为是评估右心室功能的一线方法,可以通过右心室舒张末期面积与左室舒张末期面积的比值(Right ventricular end-diastolic area/left ventricular end-diastolic area, RVEDA/LVEDA)来识别右心室扩张,通过三尖瓣环收缩期位移(Tricuspid annular plane systolic excursion, TAPSE)、分数面积变化(Fractional area change, FAC)和收缩峰值来识别右心室舒张末期内径(Right ventricular end-diastolic diameter, RVEDD),通过TAPSE与肺动脉收缩压(Pulmonary arterial systolic pressure, PASP)比值来识别右心室-肺动脉解耦联^[5]。在此背景下,本研究旨在探讨基于超声心动图的右心室损伤(Right ventricular injury, RVI)评分对老年脓毒症患者院内结局的预测价值,以为临床医生提供更准确的预后评估工具。

1 对象与方法

1.1 研究对象

选取2021年1月—2023年10月上海交通大学医学院附属第九人民医院收治的86例老年脓毒症患者作为研究对象。纳入标准:①符合脓毒症3.0诊断标准^[6];②临床资料完整;③年龄 ≥ 65 岁。排除标准:①患有严重心血管疾病者,如心力衰竭、冠心病等;②有严重呼吸系统疾病者,如重

度慢性阻塞性肺疾病、支气管哮喘等;③具有严重肾功能不全或肝功能不全者;④有明显感染性疾病者;⑤有先天性心脏病或其他先天性心血管畸形者;⑥有肺梗死、右心室梗死、心包填塞、心内瘘、下肢深静脉血栓等;⑦患有恶性晚期肿瘤或接受肿瘤治疗者;⑧有主动脉夹层、主动脉瘤等严重血管疾病者;⑨其他不适合参与本研究者。按照院内是否出现死亡分为死亡组(18例)和生存组(68例)。本研究经医院伦理委员会审批同意,伦理审批号SH9H-2020-A460-1。

1.2 方法

经电子病历系统收集患者临床资料如性别、年龄、机械通气、合并症、感染部位、心率、体质质量指数(Body mass index, BMI)、ICU住院时间、尿素氮、肌酐、降钙素原、活化部分凝血酶时间、凝血酶原时间、急性生理学及慢性健康状况评分(Acute physiology and chronic health evaluation II, APACHE II)、RVI评分。RVI评分:RVEDD、右心室扩张和右心室-肺动脉解耦联,即每个表现计1分,右心室功能障碍严重程度从0分增加到3分;RVEDD定义为TAPSE < 17 mm或FAC $< 35\%$ 或三尖瓣环收缩期峰值速度 < 10 cm/s;右心室扩张定义为RVEDA/LVEDA $> 2/3$ ^[7]。肺动脉收缩压通过超声心动图评估右心室的结构和功能,测量三尖瓣反流的速度,结合Bernoulli方程,可以间接估算肺动脉收缩压。

1.3 统计学方法

采用SPSS27.0统计学软件进行数据分析,服从正态分布的计量资料采用 $\bar{x} \pm s$ 表示,组间比较采用 t 检验;计数资料用例(%)表示,组间比较采用 χ^2 检验;多因素logistic回归模型分析老年脓毒症患者院内结局的影响因素;ROC曲线分析RVI评分对老年脓毒症患者院内结局的预测价值;检验水准 $\alpha = 0.05$ 。

2 结果

2.1 生存组与死亡组基线资料比较

两组性别、年龄、感染部位、心率、BMI、ICU住院时间、肌酐比较,差异均无统计学意义($P > 0.05$);两组的机械通气、合并症、尿素氮、降钙素原、活化部分凝血酶时间、凝血酶原时间、APACHE II评分、RVI评分比较,差异均有统计学意义($P < 0.05$),见表1。

表1 两组基线资料比较

Tab. 1 The comparison of baseline data between the two groups

资料	生存组(68例)	死亡组(18例)	t/χ^2 值	P 值
性别[例(%)]			0.957	0.328
男	39(57.35)	8(44.44)		
女	29(42.65)	10(55.56)		

续表1

资料	生存组(68例)	死亡组(18例)	t/χ^2 值	P 值
年龄($\bar{x} \pm s$, 岁)	74.29 \pm 3.51	73.41 \pm 3.25	0.960	0.340
机械通气[例(%)]			5.756	0.016
有	24(35.29)	12(66.67)		
无	44(64.71)	6(33.33)		
合并症[例(%)]			5.566	0.018
有	21(30.88)	11(61.11)		
无	47(69.12)	7(38.89)		
感染部位[例(%)]			0.087	0.927
肺部	20(29.41)	4(22.22)		
腹腔	23(33.82)	10(55.56)		
泌尿系统	12(17.65)	1(5.56)		
皮肤软组织	10(14.71)	2(11.11)		
其他	3(4.41)	1(5.56)		
心率($\bar{x} \pm s$, 次/min)	88.11 \pm 2.15	89.23 \pm 2.71	1.858	0.067
BMI($\bar{x} \pm s$, kg/m ²)	24.73 \pm 2.11	24.25 \pm 1.85	0.879	0.382
ICU 住院时间($\bar{x} \pm s$, d)	4.82 \pm 0.25	4.94 \pm 0.24	1.825	0.072
尿素氮($\bar{x} \pm s$, mg/dL)	27.14 \pm 2.05	37.15 \pm 3.31	16.002	<0.001
肌酐($\bar{x} \pm s$, mg/dL)	121.21 \pm 15.75	123.17 \pm 14.25	0.478	0.634
降钙素原($\bar{x} \pm s$, ng/mL)	9.42 \pm 1.18	34.79 \pm 5.51	35.534	<0.001
活化部分凝血酶时间($\bar{x} \pm s$, s)	44.98 \pm 1.85	24.58 \pm 2.19	40.008	<0.001
凝血酶原时间($\bar{x} \pm s$, s)	15.76 \pm 1.26	24.41 \pm 4.52	14.042	<0.001
APACHE II 评分($\bar{x} \pm s$, 分)	17.27 \pm 1.22	24.39 \pm 2.27	17.987	<0.001
RVI 评分($\bar{x} \pm s$, 分)	1.65 \pm 0.17	2.38 \pm 0.21	15.401	<0.001

2.2 多因素 logistic 回归分析老年脓毒症患者院内结局的影响因素

以表1中差异有统计学意义的机械通气(无=0, 有=1)、合并症(无=0, 有=1)及尿素氮、降钙素原、活化部分凝血酶时间、凝血酶原时间、APACHE II 评分、RVI 评分(连续型变量原值输

入)作为自变量,以患者院内结局作为因变量(生存=0, 死亡=1),进行多因素 logistic 回归分析,结果显示:尿素氮、降钙素原、APACHE II 评分、RVI 评分均为老年脓毒症患者院内死亡的独立危险因素($P<0.05$),见表2。

表2 多因素 logistic 回归分析结果

Tab. 2 Multivariate logistic regression analysis was used to analyze the results

自变量	B	SE	$Wald \chi^2$	P 值	OR	95%CI
机械通气	0.052	0.321	0.027	0.870	1.053	0.565~1.962
合并症	-0.083	0.289	0.083	0.773	0.920	0.527~1.610
尿素氮	1.315	0.451	8.489	0.004	3.726	1.538~9.028
降钙素原	0.118	0.026	19.751	<0.001	1.125	1.068~1.185
活化部分凝血酶时间	0.031	0.256	0.014	0.906	1.031	0.629~1.687
凝血酶原时间	-0.065	0.273	0.057	0.812	0.937	0.552~1.589
APACHE II 评分	0.648	0.139	21.817	<0.001	1.912	1.457~2.510
RVI 评分	2.778	0.922	9.074	0.003	16.087	2.639~98.059

2.3 RVI评分对老年脓毒症患者院内结局的预测价值

以患者院内结局作为状态变量(生存=0,死亡=1),以RVI评分作为检验变量,ROC曲线显示:RVI评分预测脓毒症患者院内死亡风险的AUC为0.853(95%CI:0.750~0.956),灵敏度为0.833,特异度为0.926,最大约登指数为0.759,最佳阈值为1.935分,见图1。

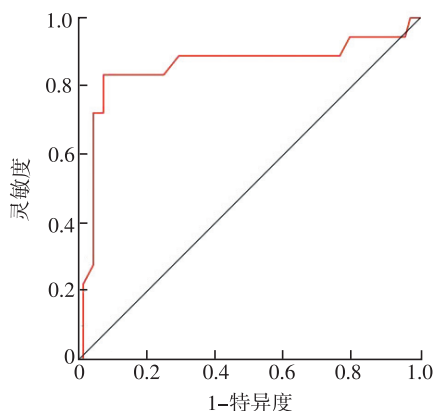


图1 ROC曲线图

Fig. 1 ROC curve

3 讨论

Zhang等^[7]研究进一步表明,右心室扩张、RVEDD、右心室-肺动脉解耦联与脓毒症患者30d内死亡率有关,且另外还发现RVI评分也是一个独立预测因子,且在模型拟合优度、区分度和方差解释方面比其他右心室指标表现更好。本研究中,RVI评分为老年脓毒症患者院内死亡的独立危险因素之一。右心室在应对炎症反应、负荷增加和心血管应激时的适应性受到挑战,尤其是在脓毒症患者中,右心室的收缩和舒张功能受到影响,导致心输出量下降、循环动力学不稳定,甚至发展为右心衰竭^[8-9]。此外右心室与肺动脉之间的耦合关系受损,加重了循环系统的负荷和心肺功能的失调,这种右心室-肺动脉解耦联可能在老年脓毒症患者中更为严重,导致患者更易发生心衰和循环系统的并发症^[10-11]。RVI评分可能还反映患者炎症状态、感染严重程度和全身代谢状态等因素的综合影响。这些因素共同作用,使得高RVI评分的老年脓毒症患者更容易发展为危重状态,院内死亡风险增加。因此,综合考虑右心室功能损伤、心血管系统紊乱和综合代谢状态等方面的影响,能更深入地解释RVI评分与院内死亡风险之间的关联,为临床治疗和管理提供更有针对性的参考依据。本研究显示,RVI评分预测脓毒症患者院内死亡风险的AUC为0.853,95%CI为0.750~0.956,灵敏度为0.833,特异度为0.926,RVI评分在预测老年脓毒症患者院内死亡风险方面具有

较好的准确性和可靠性,可以作为临床评估和干预的重要参考指标。

本研究发现,尿素氮、降钙素原、APACHE II评分均为老年脓毒症患者院内死亡风险的独立影响因素($P<0.05$)。尿素氮水平升高反映了肾功能损害或者代谢紊乱,加重身体负担和继发性器官功能受损,导致死亡风险增加^[12-13]。降钙素原水平增高可能提示炎症反应和组织损伤加重,加剧器官功能损害和全身炎症反应,致使死亡风险升高^[14-15]。APACHE II评分高可反映疾病严重程度和全身病情恶化,高评分代表多器官功能衰竭和病情不稳定,进一步增加院内死亡风险^[16-17]。尿素氮、降钙素原、APACHE II评分虽为老年脓毒症患者院内死亡风险的独立影响因素,但它们与RVI评分在反映患者病理生理状态上存在差异。尿素氮主要反映肾功能损害及代谢紊乱,降钙素原侧重于体现炎症反应强度,APACHE II评分则综合评估疾病严重程度,这些指标多从单一或系统层面间接反映病情。而RVI评分基于超声心动图,直接量化右心室功能损伤,同时右心室功能与全身循环、氧供及多器官功能密切相关,RVI评分实际上是对心脏核心功能以及全身循环系统状态的综合反映。老年脓毒症患者因机体储备能力下降,右心室功能受损后更易引发连锁反应,导致多器官功能障碍及死亡风险上升。相比其他指标,RVI评分能更直接且全面地揭示患者院内结局风险,因此,其预测效能表现更优。

本研究结果表明,在老年脓毒症患者中,基于超声心动图的RVI评分具有较高的预测价值,可用于评估院内结局的风险。然而,本研究也存在一些不足之处。首先,本研究没有进行系列超声心动图评估以揭示心功能改变的全过程,可能会导致对心功能变化的整体理解不够全面。因此,未能观察到心功能的动态变化可能会限制对患者病情发展的深入了解。未来的研究可以考虑增加系列超声心动图评估,以更全面地了解心功能在脓毒症患者中的变化过程,并进一步提高预测性能和临床应用的价值。

参考文献

- [1] 王九菊,闫杜娟,曹楠婧,等. 基于细胞因子、免疫因子构建老年脓毒症预后的Nomogram预测模型[J]. 中国急救复苏与灾害医学杂志,2024,19(5):607-611.
Wang J J, Yan D J, Cao N J, et al. Construction of a Nomogram prognostic model of senile sepsis based on cytokines and immune factors [J]. Chin J Emerg Resusc Dister Med, 2024, 19(5): 607-611.
- [2] Wu J, Liang J, An S, et al. Novel biomarker panel for the diagnosis and prognosis assessment of sepsis based on machine learning [J]. Biomark Med, 2022, 16(15): 1129-1138.
- [3] 张凯军,朱文舜,卢晓乐,等. 老年脓毒症患者胃镜

- 下改良 Lanza 评分与预后的关系[J]. 中华消化内镜杂志, 2023, 40(11):909-914.
- Zhang K J, Zhu W S, Lu X L, Correlation between modified Lanza score under gastroscopy and prognosis of sepsis in geriatric patients [J]. *Chin J Dig Endosc*, 2023, 40(11):909-914
- [4] Bowcock E M, Gerhardy B, Huang S, et al. Right ventricular outflow tract Doppler flow analysis and pulmonary arterial coupling by transthoracic echocardiography in sepsis: a retrospective exploratory study [J]. *Crit Care*, 2022, 26(1):303.
- [5] El Tahlawi M, Morsy M, Elawady M, et al. Is there any relationship between biomarkers and echocardiographic markers in patients with pulmonary stenosis underwent balloon valvuloplasty? [J]. *Echocardiography*, 2021, 38(6):924-931.
- [6] Evans L, Rhodes A, Alhazzani W, et al. Surviving sepsis campaign: international guidelines for management of sepsis and septic shock 2021 [J]. *Intensive Care Med*, 2021, 47(11):1181-1247.
- [7] Zhang H, Zhang D, Wang X, et al. Prognostic implication of a novel right ventricular injury score in septic patients [J]. *ESC Heart Fail*, 2023, 10(2):1205-1213.
- [8] Vallabhajosyula S, Kumar M, Pandompatam G, et al. Prognostic impact of isolated right ventricular dysfunction in sepsis and septic shock: an 8-year historical cohort study [J]. *Ann Intensive Care*, 2017, 7(1):94.
- [9] Lanspa M J, Cirulis M M, Wiley B M, et al. Right ventricular dysfunction in early sepsis and septic shock [J]. *Chest*, 2021, 159(3):1055-1063.
- [10] Bansal S, Varshney S, Shrivastava A. A prospective observational study to determine incidence and outcome of sepsis-induced cardiomyopathy in an intensive care unit [J]. *Indian J Crit Care Med*, 2022, 26(7):798-803.
- [11] Dugar S, Sato R, Chawla S, et al. Is left ventricular systolic dysfunction associated with increased mortality among patients with sepsis and septic shock? [J]. *Chest*, 2023, 163(6):1437-1447.
- [12] 韩永燕, 杨俊礼, 孟会敏, 等. 血尿素氮/白蛋白比值联合可溶性生长刺激表达基因 2 蛋白对急诊重症监护病房老年脓毒症患者心肌损伤的预警价值 [J]. 中华老年医学杂志, 2024, 43(6):727-732.
- Han Y Y, Yang J L, Meng H M, et al. Early warning value of blood urea nitrogen to albumin ratio combined with soluble growth stimulation expressed gene 2 on sepsis-induced myocardial injury in elderly patients in emergency intensive [J]. *Chin J Geriatr*, 2024, 43(6):727-732.
- [13] Li X, Li T, Wang J, et al. Higher blood urea nitrogen level is independently linked with the presence and severity of neonatal sepsis [J]. *Ann Med*, 2021, 53(1):2192-2198.
- [14] 刘慧琳, 傅义程, 郝靖欣, 等. 血清降钙素原水平和 APACHE II 评分对老年脓毒症患者预后的预测价值分析 [J]. 中华危重病急救医学, 2023, 35(1):56-60.
- Liu H L, Fu Y C, Hao J X, et al. Value of serum procalcitonin and acute physiology and chronic health evaluation II score on predicting the prognosis of sepsis in elderly patients [J]. *Chin Crit Care Med*, 2023, 35(1):56-60.
- [15] 赵刚, 郁红萍, 张一凡. 降钙素原与 D-二聚体联合序贯器官衰竭评分对老年脓毒症患者病情及预后评估的价值 [J]. 中华老年多器官疾病杂志, 2021, 20(5):355-358.
- Zhao G, Yu H P, Zhang Y F. Value of procalcitonin and D-dimer combined sequential official failure score in evaluation of elderly patients with sepsis and their prognosis [J]. *Chin J Mult Organ Dis Elderly*, 2021, 20(5):355-358.
- [16] Zhang J, Yang J, Xu X, et al. The influence of genetic polymorphisms in TLR4 and TIRAP, and their expression levels in peripheral blood, on susceptibility to sepsis [J]. *Exp Ther Med*, 2016, 11(1):131-139.
- [17] Zhao L, Yu S, Wang L, et al. BloodsuPAR, Th1 and Th17 cell may serve as potential biomarkers for elderly sepsis management [J]. *Scand J Clin Lab Invest*, 2021, 81(6):488-493.