

## · 论著 ·

# 血清电解质对肺栓塞患者病情严重程度及预后的影响研究

扫描二维码  
查看更多

庞宏刚, 孟燕

**【摘要】** 目的 分析血清电解质对肺栓塞患者病情严重程度及预后的影响。方法 前瞻性选取2020年1月至2022年5月在西安交通大学第一附属医院就诊的192例肺栓塞患者作为研究对象。根据肺栓塞病情严重程度将所有患者分为低危组( $n=116$ )、中危组( $n=55$ )、高危组( $n=21$ )；根据随访结果将所有患者分为存活组( $n=181$ )和死亡组( $n=11$ )。比较不同病情严重程度患者一般资料和实验室检查指标,不同预后患者一般资料、治疗情况及实验室检查指标。血清钠、钙及血浆D-二聚体(D-D)与肺栓塞患者病情严重程度的相关性分析采用Kendall's tau-b相关分析,与肺栓塞患者预后的相关性分析采用点二列相关分析;肺栓塞患者病情严重程度的影响因素分析采用有序Logistic回归分析,肺栓塞患者预后的影响因素分析采用多元Cox回归分析。结果 192例肺栓塞患者中低危116例(占60.4%)、中危55例(占28.6%)、高危21例(占10.9%);随访30 d,死亡11例,死亡率为5.7%。低危组、中危组、高危组患者血清钠、钙及血浆D-D比较,差异有统计学意义( $P<0.05$ )。Kendall's tau-b相关分析结果显示,血清钠、钙与肺栓塞患者病情严重程度呈负相关( $r$ 值分别为-0.401、-0.276,  $P$ 值均 $<0.001$ ),血浆D-D与肺栓塞患者病情严重程度呈正相关( $r=0.487$ ,  $P<0.001$ )。有序Logistic回归分析结果显示,血清钠、钙升高的肺栓塞患者病情严重程度较轻,血浆D-D升高的肺栓塞患者病情严重程度较重( $P<0.05$ )。死亡组患者病情严重程度重于存活组,血清钠、钙低于存活组,血浆D-D高于存活组( $P<0.05$ )。点二列相关分析结果显示,血清钠、钙与肺栓塞患者预后呈负相关( $r$ 值分别为-0.293、-0.318,  $P$ 值均 $<0.001$ ),血浆D-D与肺栓塞患者预后呈正相关( $r=0.319$ ,  $P<0.05$ )。多元Cox回归分析结果显示,病情严重程度为中高危、血浆D-D升高是肺栓塞患者死亡的危险因素,血清钠、钙升高是肺栓塞患者死亡的保护因素( $P<0.05$ )。结论 血清钠、钙与肺栓塞患者病情严重程度、预后呈负相关,血清钠、钙升高的肺栓塞患者病情严重程度较轻,血清钠、钙升高是肺栓塞患者死亡的保护因素。

**【关键词】** 肺栓塞;电解质;病人病情;预后

**【中图分类号】** R 563.5 **【文献标识码】** A DOI: 10.12114/j.issn.1008-5971.2023.00.092

**Effect of Serum Electrolytes on the Disease Severity and Prognosis of Patients with Pulmonary Embolism** PANG Honggang, MENG Yan

Department of Peripheral Vascular, the First Affiliated Hospital of Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710061, China

Corresponding author: MENG Yan, E-mail: [daxianghouzi@foxmail.com](mailto:daxianghouzi@foxmail.com)

**【Abstract】 Objective** To analyze the effect of serum electrolytes on the disease severity and prognosis of patients with pulmonary embolism. **Methods** A total of 192 patients with pulmonary embolism who were admitted to the First Affiliated Hospital of Xi'an Jiaotong University from January 2020 to May 2022 were prospectively selected as the study subjects. According to the disease severity of pulmonary embolism, all patients were divided into low-risk group ( $n=116$ ), medium-risk group ( $n=55$ ) and high-risk group ( $n=21$ ). According to the follow-up results, all patients were divided into survival group ( $n=181$ ) and death group ( $n=11$ ). The general data and laboratory examination indexes were compared in patients with different severity of disease, the general data, treatment and laboratory examination indexes were compared in patients with different prognosis. The relationship between serum sodium, serum calcium, plasma D-dimer (D-D) and the disease severity of pulmonary embolism was analyzed by Kendall's tau-b correlation analysis, and the relationship between serum sodium, serum calcium, plasma D-D and the prognosis of patients with pulmonary embolism was analyzed by point two column correlation analysis. The influencing factors of the disease severity of patients with pulmonary embolism were analyzed by ordinal Logistic regression analysis, and the influencing factors of the prognosis of patients with pulmonary embolism were analyzed by multivariate Cox regression analysis. **Results** Among 192 patients with pulmonary embolism, 116 cases (60.4%) were low-risk, 55 cases (28.6%) were medium-risk, and 21 cases (10.9%) were high-risk. After 30 days of follow-up, 11 patients died, and the mortality rate was 5.7%. There were significant

作者单位: 710061陕西省西安市, 西安交通大学第一附属医院周围血管科

通信作者: 孟燕, E-mail: [daxianghouzi@foxmail.com](mailto:daxianghouzi@foxmail.com)

differences in serum sodium, serum calcium and plasma D-D among low-risk group, medium-risk group and high-risk group ( $P < 0.05$ ). The results of Kendall's tau-b correlation analysis showed that serum sodium and calcium were negatively correlated with the disease severity of pulmonary embolism ( $r$  values were  $-0.401$ ,  $-0.276$  respectively, both  $P$  values were  $< 0.001$ ), and plasma D-D was positively correlated with the disease severity of pulmonary embolism ( $r=0.487$ ,  $P < 0.001$ ). The results of ordered Logistic regression analysis showed that, the disease severity of pulmonary embolism in patients with elevated serum sodium and calcium was mild, and the severity of pulmonary embolism in patients with elevated plasma D-D was severe ( $P < 0.05$ ). The severity of disease in the death group was more serious than that in the survival group, serum sodium and calcium were lower than those in the survival group, and plasma D-D was higher than that in the survival group ( $P < 0.05$ ). Point two column correlation analysis showed that serum sodium and serum calcium were negatively correlated with the prognosis of patients with pulmonary embolism ( $r$  values was  $-0.293$ ,  $-0.318$  respectively, both  $P$  values were  $< 0.001$ ), and plasma D-D was positively correlated with the prognosis of patients with pulmonary embolism ( $r=0.319$ ,  $P < 0.05$ ). Multivariate Cox regression analysis results showed that the medium and high risk of disease, and elevated plasma D-D were risk factors for death in patients with pulmonary embolism, elevated serum sodium and calcium were protective factors for death in patients with pulmonary embolism ( $P < 0.05$ ). **Conclusion** Serum sodium and calcium are negatively correlated with the disease severity and prognosis of patients with pulmonary embolism. The disease severity of pulmonary embolism is lighter in patients with elevated serum sodium and calcium. Elevated serum sodium and calcium are protective factors for death in patients with pulmonary embolism.

**【 Key words 】** Pulmonary embolism; Electrolytes; Patient acuity; Prognosis

肺栓塞作为内科常见的急重症之一，主要由外源性或内源性栓子阻塞肺动脉或其他分支引起，其中以肺血栓栓塞症最为常见，可引起呼吸困难、胸痛、咯血等多种症状，严重时甚至导致患者死亡，对患者生命安全造成严重威胁<sup>[1]</sup>。既往研究表明，不同病情严重程度的肺栓塞患者治疗方案存在较大差异，且患者病情严重程度与其预后密切相关，低危患者临床病死率不足1%、中危患者临床病死率为3%~15%、高危患者临床病死率高达15%以上<sup>[2-3]</sup>。因此，尽早评估肺栓塞患者病情并早期预测其预后对临床诊疗方案的制定具有重要意义。目前，临床上常通过肺栓塞患者各项生命体征、心电图、血流动力学、心脏生物标志物等多种指标综合评估其病情严重程度，检查指标较多，且费用较高，较难在基层医院普及。因此，寻找一种简单快捷、经济实用的临床指标来评估肺栓塞患者病情严重程度、预测其预后十分必要。钙、钠是人体体液中最常见的电解质，其可参与维持机体渗透压与水平衡、体液酸碱平衡、凝血功能等多种生理活动，且近年研究发现，电解质紊乱与多种心血管疾病的发生及预后密切相关<sup>[4-5]</sup>。此外，电解质作为血常规指标，检测方法较为简单，且费用较低，在基层医院即可检测。基于此，本研究分析了血清电解质对肺栓塞患者病情严重程度及预后的影响，以期基层医生针对肺栓塞患者开展精准医疗提供思路。

## 1 对象与方法

1.1 研究对象 前瞻性选取2020年1月至2022年5月在西安交通大学第一附属医院就诊的192例肺栓塞患者作为研究对象。纳入标准：（1）符合《内科学》<sup>[6]</sup>中肺栓塞的诊断标准；（2）首次发病。排除标准：（1）合并血液系统疾病者；（2）长期接受抗血小板聚集或

抗凝治疗者；（3）伴有活动性肺结核、社区获得性肺炎、慢性阻塞性肺疾病等其他肺部疾病者；（4）具有溶栓治疗禁忌证者。剔除标准：（1）中途转院者；（2）中途主动要求退出本研究者；（3）失访者。本研究通过西安交通大学第一附属医院医学伦理委员会审核批准〔伦审号：2019伦审第（N-013）号〕，所有患者及家属对本研究知情同意。

1.2 肺栓塞病情严重程度评估标准 参考《内科学》<sup>[6]</sup>中肺栓塞病情严重程度评估标准，其中低危：血流动力学稳定，无右心功能不全及心肌损伤；中危：血流动力学稳定，但存在右心功能不全和/或心肌损伤；高危：伴有休克和/或持续性低血压表现。其中右心功能不全诊断标准：临床上出现右心功能不全表现，超声心动图提示存在右心室功能障碍，脑钠肽升高（ $>90$  ng/L）或N末端脑钠肽前体升高（ $>500$  ng/L）。心肌损伤诊断标准：心电图ST段抬高或降低，或T波倒置，超敏肌钙蛋白升高（ $>60.4$  μg/L）或肌钙蛋白升高（ $>0.1$  μg/L）。持续性低血压诊断标准：收缩压 $<90$  mm Hg（1 mm Hg=0.133 kPa）和/或较基础值降低 $\geq 40$  mm Hg，并持续15 min以上。根据肺栓塞病情严重程度将所有患者分为低危组（ $n=116$ ）、中危组（ $n=55$ ）、高危组（ $n=21$ ）。

1.3 治疗方法 所有患者入院后进行一般处理与呼吸循环支持治疗，包括严密监测呼吸、血压、心率等生命体征变化，嘱患者卧床休息，保持大便通畅，避免用力，适当进行镇静、止痛、镇咳等对症处理，同时采用鼻导管或面罩吸氧，以纠正低氧血症。对于出现右心功能不全及血压下降者，可采用多巴酚丁胺、多巴胺及去甲肾上腺素等治疗。所有患者进行常规抗凝治疗，具有静脉

溶栓治疗适应证的中、高危肺栓塞患者进行溶栓治疗。

1.4 预后评估方法 自患者治疗开始随访30 d, 随访截止时间为2022-06-30, 以患者死亡或随访时间结束为终点事件。根据随访结果将所有患者分为存活组 ( $n=181$ ) 和死亡组 ( $n=11$ )。

#### 1.5 观察指标

1.5.1 一般资料 记录患者的一般资料, 包括年龄、性别、体质指数、病情严重程度、吸烟史、饮酒史、合并症(高血压、糖尿病)。

1.5.2 治疗情况 记录患者升压药使用情况及行有创治疗、溶栓治疗情况。

1.5.3 实验室检查指标 所有患者入院后采集外周肘静脉血6 ml并分装两管, 其中1管以3 000 r/min离心10 min (离心半径10 cm), 取血清, 采用电解质分析仪(南京攀事达电子仪器有限公司生产, 型号: PSD-15A)检测血清钾、钠、钙、镁、氯水平; 另外1管加入抗凝剂后轻轻颠倒5~10次, 以3 000 r/min离心10 min (离心半径10 cm), 取血浆, 采用胶体金免疫层析法检测D-二聚体(D-dimer, D-D)水平, 试剂盒购自德康润生物科技(北京)有限公司, 采用凝固法检测APTT、TT、PT, 试剂盒均购自芜湖森爱驰生物科技有限公司。

1.6 统计学方法 采用SPSS 25.0统计学软件处理数据。计量资料进行Shapiro-Wilk检验, 符合正态分布以( $\bar{x} \pm s$ )表示, 两组间比较采用独立样本 $t$ 检验, 多组间比较采用单因素方差分析; 偏态分布以 $M(P_{25}, P_{75})$ 表示, 两组间比较采用Mann-Whitney  $U$ 检验, 多组间比较采用Kruskal-Wallis  $H$ 检验; 计数资料以 $[n(\%)]$ 表示, 组间比较采用 $\chi^2$ 检验, 等级资料比较采用秩和

检验; 血清钠、钙及血浆D-D与肺栓塞患者病情严重程度的相关性分析采用Kendall's tau-b相关分析, 与肺栓塞患者预后的相关性分析采用点二列相关分析; 肺栓塞患者病情严重程度的影响因素分析采用有序Logistic回归分析, 肺栓塞患者预后的影响因素分析采用多元Cox回归分析。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

## 2 结果

2.1 肺栓塞患者病情严重程度及预后情况 192例肺栓塞患者中低危116例(占60.4%)、中危55例(占28.7%)、高危21例(占10.9%); 随访30 d, 死亡11例, 死亡率为5.7%。

2.2 不同病情严重程度患者一般资料和实验室检查指标比较 低危组、中危组、高危组患者年龄、性别、体质指数、有吸烟史者占比、有饮酒史者占比、合并高血压者占比、合并糖尿病患者占比、血清钾、血清镁、血清氯及血浆APTT、TT、PT比较, 差异无统计学意义( $P > 0.05$ ); 低危组、中危组、高危组患者血清钠、钙及血浆D-D比较, 差异有统计学意义( $P < 0.05$ ), 见表1。

2.3 血清钠、钙及血浆D-D与肺栓塞患者病情严重程度的相关性分析 Kendall's tau-b相关分析结果显示, 血清钠、钙与肺栓塞患者病情严重程度呈负相关( $r$ 值分别为-0.401、-0.276,  $P$ 值均 $< 0.001$ ), 血浆D-D与肺栓塞患者病情严重程度呈正相关( $r=0.487$ ,  $P < 0.001$ )。

2.4 肺栓塞患者病情严重程度的影响因素分析 将肺栓塞患者病情严重程度(赋值: 低危=1, 中危=2, 高危=3)作为因变量, 将血清钠(实测值)、血清钙(实

表1 不同病情严重程度患者一般资料和实验室检查指标比较

Table 1 Comparison of general data and laboratory examination indexes in patients with different severity of disease

| 项目   | 低危组 ( $n=116$ )   | 中危组 ( $n=55$ )    | 高危组 ( $n=21$ )    | 检验统计量值              | $P$ 值  |
|--|-------------------|-------------------|-------------------|---------------------|--------|
| 年龄 ( $\bar{x} \pm s$ , 岁)                    | 60.2 $\pm$ 3.3    | 61.2 $\pm$ 3.4    | 61.6 $\pm$ 3.1    | 2.621 <sup>a</sup>  | 0.075  |
| 性别 (男/女)                                     | 62/54             | 25/30             | 11/10             | 0.682 <sup>b</sup>  | 0.495  |
| 体质指数 ( $\bar{x} \pm s$ , kg/m <sup>2</sup> ) | 24.4 $\pm$ 1.1    | 24.8 $\pm$ 1.1    | 24.7 $\pm$ 0.9    | 3.008 <sup>a</sup>  | 0.052  |
| 吸烟史 [ $n(\%)$ ]                              | 39 (33.6)         | 14 (25.4)         | 8 (38.1)          | 0.427 <sup>b</sup>  | 0.669  |
| 饮酒史 [ $n(\%)$ ]                              | 36 (31.0)         | 20 (36.4)         | 9 (42.9)          | 1.110 <sup>b</sup>  | 0.267  |
| 高血压 [ $n(\%)$ ]                              | 23 (19.8)         | 13 (23.6)         | 6 (28.6)          | 0.928 <sup>b</sup>  | 0.354  |
| 糖尿病 [ $n(\%)$ ]                              | 21 (18.1)         | 12 (21.8)         | 5 (23.8)          | 0.749 <sup>b</sup>  | 0.454  |
| 血清钾 ( $\bar{x} \pm s$ , mmol/L)              | 3.32 $\pm$ 0.86   | 3.23 $\pm$ 0.83   | 3.17 $\pm$ 0.82   | 0.431 <sup>a</sup>  | 0.651  |
| 血清钠 ( $\bar{x} \pm s$ , mmol/L)              | 136.26 $\pm$ 4.18 | 132.51 $\pm$ 4.26 | 128.49 $\pm$ 4.85 | 36.545 <sup>a</sup> | <0.001 |
| 血清钙 ( $\bar{x} \pm s$ , mmol/L)              | 2.35 $\pm$ 0.31   | 2.17 $\pm$ 0.28   | 2.03 $\pm$ 0.25   | 14.075 <sup>a</sup> | <0.001 |
| 血清镁 ( $\bar{x} \pm s$ , mmol/L)              | 0.96 $\pm$ 0.13   | 1.00 $\pm$ 0.10   | 1.01 $\pm$ 0.11   | 3.032 <sup>a</sup>  | 0.051  |
| 血清氯 ( $\bar{x} \pm s$ , mmol/L)              | 102.82 $\pm$ 3.70 | 103.19 $\pm$ 3.12 | 104.36 $\pm$ 3.25 | 1.783 <sup>a</sup>  | 0.171  |
| 血浆D-D ( $\bar{x} \pm s$ , mg/L)              | 0.77 $\pm$ 0.15   | 0.99 $\pm$ 0.23   | 1.17 $\pm$ 0.26   | 56.898 <sup>a</sup> | <0.001 |
| 血浆APTT [ $M(P_{25}, P_{75}), s$ ]            | 25.0 (24.0, 25.0) | 24.0 (23.0, 25.0) | 24.0 (24.0, 25.0) | 5.542 <sup>c</sup>  | 0.063  |
| 血浆TT [ $M(P_{25}, P_{75}), s$ ]              | 17.0 (16.0, 17.0) | 16.0 (16.0, 17.0) | 16.0 (15.0, 17.0) | 4.355 <sup>c</sup>  | 0.113  |
| 血浆PT [ $M(P_{25}, P_{75}), s$ ]              | 11.0 (11.0, 11.0) | 11.0 (11.0, 11.0) | 11.0 (11.0, 11.0) | 3.723 <sup>c</sup>  | 0.155  |

注: D-D=D-二聚体; <sup>a</sup>表示 $F$ 值, <sup>b</sup>表示 $\chi^2$ 值, <sup>c</sup>表示 $H$ 值

测值)、血浆D-D(实测值)作为自变量,进行有序Logistic回归分析,结果显示,血清钠、钙升高的肺栓塞患者病情严重程度较轻,血浆D-D升高的肺栓塞患者病情严重程度较重( $P<0.05$ ),见表2。

**表2** 肺栓塞患者病情严重程度影响因素的有序Logistic回归分析  
**Table 2** Ordered Logistic regression analysis of influencing factors of disease severity in patients with pulmonary embolism

| 变量    | $\beta$ | SE    | Wald $\chi^2$ 值 | P值     | OR值     | 95%CI               |
|-------|---------|-------|-----------------|--------|---------|---------------------|
| 血清钠   | -0.206  | 0.044 | 22.326          | <0.001 | 0.813   | (0.747, 0.886)      |
| 血清钙   | -2.034  | 0.620 | 10.764          | 0.001  | 0.131   | (0.039, 0.441)      |
| 血浆D-D | 5.775   | 0.959 | 36.255          | <0.001 | 322.001 | (49.151, 2 109.532) |

**2.5 不同预后患者一般资料、治疗情况及实验室检查指标比较** 死亡组和存活组患者年龄、性别、体质指数、有吸烟史者占比、有饮酒史者占比、合并高血压者占比、合并糖尿病者占比、使用升压药物者占比、行有创治疗者占比、行溶栓治疗者占比、血清钾、血清镁、血清氯及血浆APTT、TT、PT比较,差异无统计学意义( $P>0.05$ );死亡组患者病情严重程度重于存活组,血清钠、钙低于存活组,血浆D-D高于存活组,差异有统计学意义( $P<0.05$ ),见表3。

**2.6 血清钠、钙及血浆D-D与肺栓塞患者预后的相关性分析** 点二列相关分析结果显示,血清钠、钙与肺栓塞患者预后呈负相关( $r$ 值分别为-0.293、-0.318,  $P$ 值均<0.001),血浆D-D与肺栓塞患者预后呈正相关( $r=0.319$ ,  $P<0.001$ )。

**2.7 肺栓塞患者预后的影响因素分析** 以肺栓塞患者预后(赋值:死亡=1,存活=0)为因变量,以病情严重程度(赋值:低危=1,中危=2,高危=3)、血清钠(实测值)、血清钙(实测值)、血浆D-D(实测值)为自变量,进行多元Cox回归分析,结果显示,病情严重程度为中高危、血浆D-D升高是肺栓塞患者死亡的危险因素,血清钠、钙升高是肺栓塞患者死亡的保护因素( $P<0.05$ ),见表4。

### 3 讨论

肺栓塞具有发病率高、致残率高、病死率高等特点,其是继心肌梗死及脑卒中后第三大常见心血管疾病<sup>[7]</sup>。研究表明,准确评估肺栓塞危险分层及预测其预后,有利于临床医生为患者选择更加合理、有效的治疗方案,进而促进其疾病转归<sup>[8]</sup>。

电解质是组织外液和细胞内液的重要组成部分,可保证人体新陈代谢的正常进行及维持各种生理功能<sup>[9]</sup>。研究表明,电解质紊乱可造成血清钠、钙异常,进而影响机体正常生理功能,如导致凝血-抗凝血失衡<sup>[10]</sup>。而机体凝血-抗凝血平衡的破坏是肺栓塞形成与发展的重要病理基础,故推测电解质紊乱会对肺栓

**表3** 不同预后患者一般资料、治疗情况及实验室检查指标比较

**Table 3** Comparison of general data, treatment condition and laboratory examination indexes in patients with different prognosis

| 项目  | 死亡组(n=11)         | 存活组(n=181)         | 检验统计量值              | P值     |
|---|-------------------|--------------------|---------------------|--------|
| 年龄 [ $M(P_{25}, P_{75})$ , 岁]               | 62 (57, 63)       | 61 (58, 63)        | 0.006 <sup>a</sup>  | 0.996  |
| 性别(男/女)                                     | 6/5               | 92/89              | 0.057 <sup>b</sup>  | 0.811  |
| 体质指数( $\bar{x} \pm s$ , kg/m <sup>2</sup> ) | 24.9 $\pm$ 1.5    | 24.5 $\pm$ 1.1     | 1.120 <sup>c</sup>  | 0.264  |
| 病情严重程度 [ $n$ (%)]                           |                   |                    | 4.033 <sup>d</sup>  | <0.001 |
| 低危  | 1/11              | 115 (63.5)         |                     |        |
| 中危  | 5/11              | 50 (27.6)          |                     |        |
| 高危  | 5/11              | 16 (8.8)           |                     |        |
| 吸烟史 [ $n$ (%)]                              | 4/11              | 57 (31.5)          | <0.001 <sup>b</sup> | 0.997  |
| 饮酒史 [ $n$ (%)]                              | 5/11              | 60 (33.1)          | 0.259 <sup>b</sup>  | 0.611  |
| 高血压 [ $n$ (%)]                              | 3/11              | 39 (21.6)          | 0.005 <sup>b</sup>  | 0.944  |
| 糖尿病 [ $n$ (%)]                              | 4/11              | 34 (18.8)          | 1.063 <sup>b</sup>  | 0.302  |
| 使用升压药物 [ $n$ (%)]                           | 7/11              | 105 (58.0)         | 0.003 <sup>b</sup>  | 0.958  |
| 行有创治疗 [ $n$ (%)]                            | 6/11              | 63 (34.8)          | 1.002 <sup>b</sup>  | 0.317  |
| 行溶栓治疗 [ $n$ (%)]                            | 6/11              | 56 (30.9)          | 1.674 <sup>b</sup>  | 0.196  |
| 血清钾( $\bar{x} \pm s$ , mmol/L)              | 2.95 $\pm$ 0.92   | 3.30 $\pm$ 0.84    | 1.317 <sup>c</sup>  | 0.189  |
| 血清钠( $\bar{x} \pm s$ , mmol/L)              | 128.40 $\pm$ 4.85 | 134.70 $\pm$ 4.80  | 4.225 <sup>c</sup>  | <0.001 |
| 血清钙( $\bar{x} \pm s$ , mmol/L)              | 1.86 $\pm$ 0.12   | 2.29 $\pm$ 0.31    | 10.242 <sup>c</sup> | <0.001 |
| 血清镁( $\bar{x} \pm s$ , mmol/L)              | 1.03 $\pm$ 0.13   | 0.97 $\pm$ 0.12    | 1.392 <sup>c</sup>  | 0.166  |
| 血清氯( $\bar{x} \pm s$ , mmol/L)              | 103.49 $\pm$ 4.26 | 103.07 $\pm$ 3.47  | 0.389 <sup>c</sup>  | 0.698  |
| 血浆D-D( $\bar{x} \pm s$ , mg/L)              | 1.18 $\pm$ 0.16   | 0.86 $\pm$ 0.23    | 4.644 <sup>c</sup>  | <0.001 |
| 血浆APTT [ $M(P_{25}, P_{75})$ , s]           | 25.0 (24.0, 25.0) | 25.0 (23.0, 25.0)  | 0.083 <sup>a</sup>  | 0.934  |
| 血浆TT [ $M(P_{25}, P_{75})$ , s]             | 16.0 (15.0, 16.5) | 17.00 (16.0, 17.0) | 1.895 <sup>a</sup>  | 0.058  |
| 血浆PT [ $M(P_{25}, P_{75})$ , s]             | 11.0 (11.0, 11.5) | 11.0 (11.0, 11.0)  | 0.967 <sup>a</sup>  | 0.334  |

注:<sup>a</sup>表示Z值,<sup>b</sup>表示 $\chi^2$ 值,<sup>c</sup>表示 $t$ 值,<sup>d</sup>表示 $u$ 值

**表4** 肺栓塞患者预后影响因素的多元Cox回归分析

**Table 4** Multivariate Cox regression analysis of prognostic factors in patients with pulmonary embolism

| 变量             | $\beta$ | SE    | Wald $\chi^2$ 值 | P值     | HR值    | 95%CI            |
|----------------|---------|-------|-----------------|--------|--------|------------------|
| 病情严重程度(以低危为对照) |         |       |                 |        |        |                  |
| 中危             | 2.383   | 1.095 | 4.731           | 0.030  | 10.834 | (1.266, 92.737)  |
| 高危             | 3.420   | 1.096 | 9.741           | 0.002  | 30.565 | (3.569, 261.779) |
| 血清钠            | -0.258  | 0.087 | 8.797           | 0.003  | 0.773  | (0.652, 0.916)   |
| 血清钙            | -7.454  | 1.750 | 18.141          | <0.001 | 0.001  | (<0.001, 0.018)  |
| 血浆D-D          | 2.989   | 1.391 | 4.618           | 0.032  | 19.875 | (1.301, 303.690) |

塞患者病情及预后产生一定影响。

本研究结果显示,血清钠、钙与肺栓塞患者病情严重程度呈负相关,血清钠、钙升高的肺栓塞患者病情严重程度较轻,提示血清电解质与肺栓塞患者病情严重程度有关。分析原因如下:电解质紊乱可引起血清钠异常降低,可激活交感神经系统及肾素-血管紧张素-醛固酮系统,引起血管收缩,提高应激性血糖水平,增加血液黏稠度,进而影响局部血液循环,增加血栓形成

发生风险;此外,血清钠降低还会增加心肌耗氧量及心脏负荷,导致心肌损伤及右心室功能不全,进而导致肺栓塞病情加重<sup>[11]</sup>。此外,肺栓塞患者病情越严重,心功能损伤越严重,肾素-血管紧张素-醛固酮系统激活程度越高,应激性血糖水平越高,对血浆渗透压的影响越大,这可进一步降低血清钠,形成恶性循环<sup>[12]</sup>。血清钙属于凝血因子,其在凝血级联反应中发挥着关键作用,其可通过内流进入细胞内的方式促进凝血过程<sup>[13]</sup>。因此,血栓形成可导致血清钙消耗增多、血清钙水平降低,且血清钙越低,血栓负荷越重,肺循环及右心功能障碍越严重,肺栓塞患者病情越严重<sup>[14]</sup>。

本研究结果显示,血清钠、钙与肺栓塞患者预后呈负相关,血清钠、钙升高是肺栓塞患者死亡的保护因素。分析其原因可能为:血清钠、钙越低,肺栓塞患者血栓负荷越重,心功能损伤程度越严重,治疗过程中出现再灌注损伤、循环衰竭、心源性休克等并发症风险越高,故预后不良风险也越高,与周宸等<sup>[15]</sup>研究结果相似。但肺栓塞患者的病理机制复杂,电解质紊乱对患者预后影响的病理生理机制尚需要更多研究进一步阐述。

研究证实,D-D是肺栓塞的重要辅助诊断指标之一,其水平越高表明机体血液凝固风险越高,血栓形成越多,患者肺循环及右心功能损伤越严重,肺栓塞病情越严重,预后不良风险越高<sup>[16]</sup>。本研究结果与之一致,故不做过多赘述。

综上所述,血清钠、钙与肺栓塞患者病情严重程度、预后呈负相关,血清钠、钙升高的肺栓塞患者病情严重程度较轻,血清钠、钙升高是肺栓塞患者死亡的保护因素。但本研究仅观察了肺栓塞患者治疗30 d内的预后,未分析血清电解质对肺栓塞患者长期预后的影响,故血清电解质对肺栓塞患者长期预后的影响仍需要进一步研究证实。

作者贡献:孟燕进行文章的构思与设计,结果分析与解释,负责文章的质量控制及审校,对文章整体负责、监督管理;庞宏刚进行研究的实施与可行性分析,数据收集、整理、分析,负责撰写、修订论文。

本文无利益冲突。

## 参考文献

- [1] MARTINEZ LICHA C R, MCCURDY C M, MALDONADO S M, et al. Current management of acute pulmonary embolism [J]. *Ann Thorac Cardiovasc Surg*, 2020, 26 (2): 65-71. DOI: 10.5761/atcs.ra.19-00158.
- [2] 朱迎伟, 褚旭, 邱家勇, 等. 血清 Apelin-13、可溶性血栓调节蛋白、锁链素对急性肺栓塞患者病情及预后的评估价值 [J]. *临床肺科杂志*, 2021, 26 (2): 168-173. DOI: 10.3969/j.issn.1009-6663.2021.02.002.
- [3] PIAZZA G. Advanced management of intermediate- and high-risk pulmonary embolism: JACC focus seminar [J]. *J Am Coll Cardiol*, 2020, 76 (18): 2117-2127. DOI: 10.1016/j.jacc.2020.05.028.

- [4] 周丹虹, 陈海畅, 尤寿江, 等. 血清电解质紊乱对缺血性脑卒中患者住院期间死亡的聚集效应研究 [J]. *中国实用内科杂志*, 2021, 41 (6): 521-525. DOI: 10.19538/j.cnk2021060115.
- [5] TIVER K D, DHARMAPRANI D, QUAH J X, et al. Vomiting, electrolyte disturbance, and medications; the perfect storm for acquired long QT syndrome and cardiac arrest: a case report [J]. *J Med Case Rep*, 2022, 16 (1): 9. DOI: 10.1186/s13256-021-03204-7.
- [6] 葛均波, 徐永健, 王辰. *内科学* [M]. 9版. 北京: 人民卫生出版社, 2018: 98-104.
- [7] TOPLIS E, MORTIMORE G. The diagnosis and management of pulmonary embolism [J]. *Br J Nurs*, 2020, 29 (1): 22-26. DOI: 10.12968/bjon.2020.29.1.22.
- [8] KULKA H C, ZELLER A, FORNARO J, et al. Acute pulmonary embolism—its diagnosis and treatment from a multidisciplinary viewpoint [J]. *Dtsch Arztebl Int*, 2021, 118 (37): 618-628. DOI: 10.3238/arztebl.m2021.0226.
- [9] REINTAM BLASER A, VAN ZANTEN A R H. Electrolyte disorders during the initiation of nutrition therapy in the ICU [J]. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care*, 2021, 24 (2): 151-158. DOI: 10.1097/MCO.0000000000000730.
- [10] 康洋波, 周佳圻, 胡雨峰, 等. 低钙血症在老年创伤性凝血病早期诊断中的效价研究 [J]. *中华急诊医学杂志*, 2022, 31 (5): 603-607. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1671-0282.2022.05.006.
- [11] SUWANTO D, DEWI I P, FAGI R A. Hyponatremia in heart failure: not just 135 to 145 [J]. *J Basic Clin Physiol Pharmacol*, 2021, 33 (4): 381-388. DOI: 10.1515/jbpep-2020-0399.
- [12] OUATU A, MIHAI M S, TANASE D M, et al. Hyponatremia—long-term prognostic factor for nonfatal pulmonary embolism [J]. *Diagnostics (Basel)*, 2021, 11 (2): 214. DOI: 10.3390/diagnostics11020214.
- [13] WANG X, XIANG Y B, ZHANG T, et al. Association between serum calcium and prognosis in patients with acute pulmonary embolism and the optimization of pulmonary embolism severity index [J]. *Respir Res*, 2020, 21 (1): 298. DOI: 10.1186/s12931-020-01565-z.
- [14] MURTHI M, SHAKA H, EL-AMIR Z, et al. Association of hypocalcemia with in-hospital mortality and complications in patients with acute pulmonary embolism: results from the 2017 Nationwide Inpatient Sample [J]. *BMC Pulm Med*, 2021, 21 (1): 410. DOI: 10.1186/s12890-021-01784-0.
- [15] 周宸, 王一希, 仲夏, 等. 非高危肺栓塞合并恶性肿瘤死亡相关因素及Charlson合并症指数的预测价值 [J]. *中华医学杂志*, 2020, 100 (30): 2383-2387. DOI: 10.3760/cma.j.cn112137-20200427-01343.
- [16] FREUND Y, CHAUVIN A, JIMENEZ S, et al. Effect of a diagnostic strategy using an elevated and age-adjusted D-dimer threshold on thromboembolic events in emergency department patients with suspected pulmonary embolism: a randomized clinical trial [J]. *JAMA*, 2021, 326 (21): 2141-2149. DOI: 10.1001/jama.2021.20750.

(收稿日期: 2022-12-12; 修回日期: 2023-03-09)

(本文编辑: 谢武英)