

床边肺部超声肺淤血分级对 ST 段抬高型心肌梗死合并肺淤血患者院内不良预后的预测价值

李珊 陶云

湖北省十堰市妇幼保健院超声医学科,湖北十堰 442000

摘要 目的:评估床边肺部超声检测(LUS)对 ST 段抬高型心肌梗死(STEMI)合并肺淤血患者院内死亡的预测价值。方法:对 243 例 STEMI 患者经皮冠状动脉介入治疗(PCI)前进行 LUS 和 Killip 分级。根据是否并发肺淤血,分为肺淤血组和非肺淤血组。比较分析 2 组患者的临床资料。采用受试者工作特征曲线(ROC)分析肺淤血分级及 Killip 分级对 STEMI 患者院内死亡的预测价值。结果:Logistic 回归分析显示:年龄、性别、左室射血分数(LVEF)、肺淤血分级、Killip 分级均是其影响因素(P 均 < 0.05)。其中有肺淤血的 STEMI 患者死亡风险是无肺淤血者的 4.813 倍。Killip $\geq$ III 级 STEMI 患者死亡风险是 Killip $\leq$ II 级患者的 3.474 倍。ROC 分析显示:LUS 检测肺淤血分级、Killip 分级及两指标联合应用预测 STEMI 患者院内死亡的曲线下面积分别为 0.756(95% CI :0.600~0.953)、0.714(95% CI :0.566~0.900)、0.785(95% CI :0.628~0.981)。结论:LUS 检测肺淤血分级结合 Killip 分级对 STEMI 患者不良预后具有预测价值。

关键词 肺部超声;心肌梗死;预测

中图分类号 R445.1 文献标识码 A DOI 10.11768/nkjwzzzz20260309

Predictive complicated by value of bedside pulmonary ultrasound in hospital death of patients with ST-segment elevation myocardial infarction LI Shan, TAO Yun. Department of Ultrasound Medicine, Shiyan Maternal and Child Health Hospital of Hubei Province, Hubei Shiyan 442000, China
Corresponding author: TAO Yun, E-mail: 307052832@qq.com

Abstract Objective: To evaluate the predictive value of bedside lung ultrasound (LUS) for in-hospital mortality in patients with ST-segment elevation myocardial infarction (STEMI) complicated by pulmonary congestion. Methods: A total of 243 STEMI patients underwent LUS and Killip classification before percutaneous coronary intervention (PCI). Based on the presence or absence of pulmonary congestion, they were divided into a pulmonary congestion group and a non-pulmonary congestion group. Clinical data of both groups were compared and analyzed. The predictive value of pulmonary congestion grading and Killip classification for in-hospital mortality in STEMI patients was assessed by receiver operating characteristic curve analysis. Results: Logistic regression analysis revealed that age, gender, left ventricular ejection fractions (LVEF), pulmonary congestion grading, and Killip classification were all significant influencing factors (all $P < 0.05$). Patients with pulmonary congestion had a 4.813-fold higher risk of mortality than those without pulmonary congestion. Patients with Killip $\geq$ III had a 3.474-fold higher risk of mortality than those with Killip $\leq$ II. ROC analysis showed the areas under the curve for predicting in-hospital mortality in STEMI patients were 0.756 (95% CI : 0.600-0.953) for LUS-based pulmonary congestion grading, 0.714 (95% CI : 0.566-0.900) for Killip classification, and 0.785 (95% CI : 0.628-0.981) for the combined use of both indicators. Conclusion: LUS-based pulmonary congestion grading combined with Killip classification has predictive value for adverse outcomes in STEMI patients.

Key words Pulmonary ultrasound; Myocardial infarction; Prediction

研究显示急性 ST 段抬高型心肌梗死(ST-segment elevation myocardial infarction, STEMI)院内全因死亡率女性为 13.3%,男性为 6.0%^[1]。肺淤血是心肌梗死的主要并发症之一。根据肺淤血情况可预测心力衰竭患者 30 d 再住院风险^[2,3]。本研究评估床旁肺超声(lung ultrasound, LUS)检测的肺淤血

情况结合 Killip 分级^[4]对 STEMI 患者行经皮冠状动脉介入治疗(percutaneous coronary intervention, PCI)后不良预后的预测价值。

资料与方法

1. 研究对象:收集 2020 年 1 月-2023 年 2 月十

堰市妇幼保健院收治的 ≥ 18 岁拟行 PCI 术的初诊 STEMI^[5] 患者 243 例。其中,发病时胸痛/胸闷症状 216 例;大汗 82 例;恶心/呕吐 25 例;晕厥 13 例;呼吸困难 10 例。排除标准:①有严重器官功能障碍病史;②患其他系统重疾或先天性遗传缺陷;③有肺部手术史、肺栓塞、胸廓畸形、肺间质纤维化、显著肥胖等影响超声检查的情况;④免疫功能障碍或全身性感染。本研究经医院伦理委员会审批(批号:20191129),患者或家属知情并签署同意书。

2. 方法:采用前瞻性研究方法。记录患者年龄、性别、户籍、体重指数等一般资料;收集患者高血压、糖尿病、高脂血症、慢性阻塞性肺疾病、慢性肝病、慢性肾脏病等合并症;脑卒中史、心力衰竭史、心房颤动史、心脏手术史、阿司匹林应用史等既往病史和治疗史;吸烟、饮酒史;记录左心室射血分数(left ventricular ejection fractions, LVEF)、前壁心肌梗死、心脏骤停、完全性房室传导阻滞、侧支循环病变数目等心脏病情;症状发作至入院时间、入院至球囊扩张时间;收集血尿酸、血红蛋白、白细胞、血肌酐、空腹血糖、总胆固醇、高敏 C 反应蛋白、氨基末端脑钠肽前体(N terminal pro B type natriuretic peptide, NT-proBNP)等实验室指标及 PCI 手术资料、患者院内死亡记录。

3. 术前肺部超声检查:243 例患者术前应用 philips-IU22 全数字化彩色多普勒超声诊断仪配低频凸形探头(购自上海聚慕医疗器械有限公司)行肺部超声检查。根据“28 点扫描技术”^[6],患者于近平卧位或平卧位状态下,侧胸壁及前胸壁充分暴露,平静呼吸,以二维超声成像模式,探头垂直于胸壁,各肋间隙纵向扫描。以腋中线、腋前线、锁骨中线、胸骨旁线和各肋间隙(左胸第 2~4 肋间隙和右胸第 2~5 肋间隙)的 28 个交点作为检查点,观测并记录各点的“B 线”数目后计算出总和。“B 线”的影像特征:在超声屏幕上从胸膜线延续到屏幕底部的高回声无衰减伪像(又称为肺部超声彗星尾征),并呈现出垂直的、激光样特点。根据“B 线”数目将肺淤血分级^[7]: >30 为重度; $16 \sim \leq 30$ 为中度; $6 \sim 15$ 为轻度; ≤ 5 为无。

4. 术前患者心脏功能分级:应用 Killip 分级对患者心脏功能进行分级^[8]。I 级:未发现第三心音与肺部啰音;II 级: $<1/2$ 肺野有肺部啰音和/或第三心脏杂音;III 级: $>1/2$ 肺野有干湿性啰音,存在急性肺水肿;IV 级:血流动力学障碍,如心源性休克等。

5. 统计学分析:采用 SPSS 23.0 统计学软件。正态计量数据以 $(\bar{x} \pm s)$ 表示,2 组比较采用 t 检验或校正 t 检验。偏态资料以 $M(P_{25}, P_{75})$ 表示,2 组间比较采用 Wilcoxon 秩和检验。计数资料以例数和百分数表示,2 组间比较采用 χ^2 检验或校正 χ^2 检验。等级资料采用秩和检验。采用多因素逐步 Logistic 回归分析(前述法:LR)探讨 STEMI 患者院内死亡的独立影响因素。将单因素分析中 $P < 0.05$ 的变量及临床上认为有重要意义的变量纳入回归模型,变量筛选采用基于最大似然估计的向前逐步回归法(纳入标准 $\alpha_{\text{入}} = 0.05, \alpha_{\text{出}} = 0.10$ 。对进入回归模型的自变量进行多重共线性诊断,要求各纳入变量的方差膨胀因子(VIF)均 < 5 ,容忍度均 > 0.2 ,保证自变量间不存在严重多重共线性。采用受试者工作特征(receiver operating characteristic, ROC)曲线评估各因素对预后的预测价值。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

结 果

1. 临床资料:243 例患者中,无肺淤血 126 例(非肺淤血组),有肺淤血 117 例(肺淤血组)。2 组患者临床资料比较,心力衰竭史、入院时收缩压、舒张压、心率、前壁心肌梗死、心脏骤停、Killip 分级、血尿酸、血肌酐、空腹血糖、高敏 C-反应蛋白、NT-proBNP 水平比较,差异有统计学意义(P 均 < 0.05 ,扫描文前二维码查看详细数据资料)。

2. 院内全因死亡率:243 例 STEMI 患者中,院内死亡 31 例,死亡率 12.76%。其中肺淤血组 22 例;无肺淤血组 9 例($18.80\% \text{ vs } 7.14\%, \chi^2 = 7.411, P = 0.006$)。

3. 院内死亡的相关因素分析:建立非条件 Logistic 回归模型,以 STEMI 患者院内死亡为因变量,赋值 1 = 死亡,0 = 否。回归结果显示:年龄、性别、LVEF、肺淤血(LUS 检测之 B 线数目)、Killip 分级均是其显著影响因素,见表 1。

4. LUS 肺淤血分级与 Killip 分级对患者院内死亡的预测效果:肺淤血分级联合 Killip 分级对 STEMI 患者院内死亡的预测价值(ROC 曲线下面积)优于 2 指标单独预测,见表 2、图 1。

5. 超声影像:正常肺超声图像可见胸膜线及与之平行、等距的伪影,见图 2A;而非正常的肺超声图像中,一个肋间隙内显示有 2 条从胸膜线延伸到屏幕底部的无衰减高回声伪影(B 线),呈现出激光样、垂直状;见图 2B。

表 1 STEMI 患者院内死亡的影响因素分析

因素	赋值	回归系数	标准误差	Wald 值	P 值	OR 值	95% 置信区间
常数	—	−0.075	0.038	3.887	0.048	—	—
年龄(岁)	<60 = 0, ≥60 = 1	0.700	0.244	8.254	0.004	2.014	1.249 ~ 3.247
性别	男 = 0, 女 = 1	0.604	0.284	4.520	0.033	1.829	1.048 ~ 3.191
LVEF≤40%	否 = 0, 是 = 1	0.925	0.381	5.891	0.015	2.522	1.195 ~ 5.323
肺淤血分级	否 = <15 条, 是 = ≥16 条	1.571	0.395	15.809	0.000	4.813	2.218 ~ 10.443
Killip 分级	I、II 级 = 0, III、IV 级 = 1	1.245	0.348	12.779	0.000	3.474	1.755 ~ 6.876
高敏 C 反应蛋白≥10 g/L	否 = 0, 是 = 1	0.524	0.195	7.224	0.007	1.689	1.152 ~ 2.475
NT-proBNP≥1000 pg/mL	否 = 0, 是 = 1	1.052	0.292	12.952	0.000	2.864	1.616 ~ 5.075

表 2 LUS 与 Killip 分级对 STEMI 患者院内死亡的预测价值

指标	AUC(95% CI)	阈值	灵敏度	特异性	约登指数
LUS 检测结果	0.756(0.600 ~ 0.953)	中重度肺淤血(B 线数目≥16 条)	0.777	0.734	0.511
Killip 分级	0.714(0.566 ~ 0.900)	≥Ⅲ级	0.703	0.716	0.419
LUS 联合 Killip 分级	0.785(0.628 ~ 0.981)	—	0.794	0.765	0.559

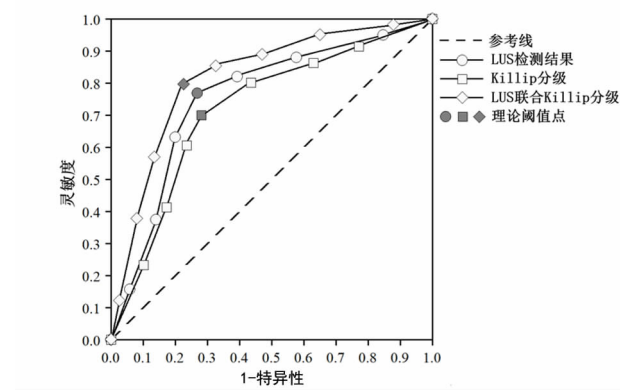


图 1 LUS 与 Killip 分级对 STEMI 患者院内死亡预测的 ROC 曲线

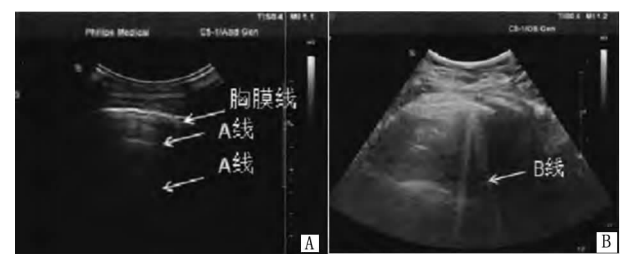


图 2 典型超声影像“B 线”



图 3 轻度肺淤血影像(可见数条“B 线”分布,箭头所示为胸膜线)

讨论

研究认为,改善急性心力衰竭患者出院前的肺淤血,能防止其过早再入院,但无法改变生存率^[9]。本研究发现,存在肺淤血 STEMI 患者的院内死亡风险远高于非肺淤血患者;肺水肿的发生与预后不良相关^[10]。研究表明,通过肺超声发现,当肺血管阻力增加时,心力衰竭患者的肺充血更严重^[11]。持续的淤血预示着预后不佳^[12]。动物实验发现,LUS 可以评估心肌梗死小鼠的肺静脉和中心静脉充血^[13]。心力衰竭患者的器官功能障碍主要由右房压增高的后向传递决定。传统的超声不能直接评估右心房高压对器官血流动力学的影响。多普勒成像能评估淤血导致腹部器官静脉血流模式的改变^[14]。B 型线,类似彗星尾巴的垂直线,是一种与肺淤血有关的超声表现。可以在正常肺中观察到。但是,双侧肺≥3 条 B 线被认为是病理性的^[15]。在综合心肺超声心动图中加入 B 线评估,对于确定心肌和瓣膜损伤的类型和程度以及它们的血流动力学后果(如肺水肿)具有重要价值^[16]。研究发现,量化 LUS 上的 B 线,能识别 LUS 上的淤血^[17]。

部分 STEMI 患者 PCI 术后预后不良^[18,19]。本研究中,单独和联合应用 LUS、Killip 分级对 STEMI 患者院内死亡均具有较好的预测价值。LUS 是一种快速、无创、无辐射的床边检查方法,应用于明确急性呼吸衰竭原因,例如心源性肺水肿、肺炎、胸腔积液和气胸^[20]。本研究中,LUS 联合 Killip 分级能提高对 STEMI 患者院内死亡的预测价值。分析原因

可能与 LUS 对肺淤血诊断的高灵敏度相关^[21]。LUS 可以作为急性心力衰竭患者的补充检查,特别是当肺部听诊因肥胖、肺部疾病或过度的外部噪音而受影响时。入院时进行肺部超声检查,LUS 的 B 线有助于预测急性心肌梗死患者的心力衰竭^[22~24]。本次研究显示,LUS 联合 Killip 分级可以预测 STEMI 患者的院内死亡,提示临床医生可综合应用 LUS 及 Killip 分级,以区分高风险 STEMI 患者,改善患者预后。

参 考 文 献

1 成联超,丁寻实,汪汉,等.急性 ST 段抬高型心肌梗死患者救治效率和院内死亡率的性别差异性分析[J]. 心血管病学进展,2020,41(6):670-674.

2 井慎,刘磊.床旁肺部超声联合血气分析对急性心力衰竭患者的临床应用价值[J]. 中国超声医学杂志,2021,37(1):42-45.

3 Allison C,Timmy L,Simon M,et al. Pulmonary congestion on lung ultrasound predicts increased risk of 30-day readmission in heart failure patients[J]. J Ultrasound Med,2023,42(8):1809-1818.

4 Sasaki O,Nishioka T,Inoue Y,et al. Predictors of in-hospital death in patients with acute myocardial infarction[J]. Cureus,2023,15(8):e43392.

5 急性 ST 段抬高型心肌梗死诊断和治疗指南(2019)[J]. 中华心血管病杂志,2019,47(10):766-783.

6 Picano E,Pellikka PA. Ultrasound of extravascular lung water: a new standard for pulmonary congestion [J]. Eur Heart J,2016,37(27):2097-2104.

7 王加伟,卢来顺,王良玉,等.腹膜透析患者肺淤血危险因素分析及肺超声对其容量状态的评估价值[J]. 广东医学,2017,38(6):864-867,871.

8 陈冬生,栾献亭,杨进刚,等.中国急性心肌梗死不同 Killip 分级患者的临床特征、治疗和预后情况分析[J]. 中国循环杂志,2016,31(9):849-853.

9 Harrison NE,Ehrman R,Collins S,et al. The prognostic value of improving congestion on lung ultrasound during treatment for acute heart failure differs based on patient characteristics at admission[J]. J Cardiol,2024,83(2):121-129.

10 Machado GP,Telo GH,Araujo GN,et al. A combination of left ventricular outflow tract velocity time integral and lung ultrasound to predict mortality in ST elevation myocardial infarction[J]. Intern Emerg Med,2024,19(8):2167-2176.

11 D'Alto M,Maio MDi,Argiento P,et al. Right heart failure as a cause of pulmonary congestion in pulmonary arterial hypertension[J]. Eur J

Heart Fail,2024,26(4):817-824.

12 Koratala A,Kazory A. Point of care ultrasonography for objective assessment of heart failure: integration of cardiac vascular and extravascular determinants of volume status [J]. Cardiorenal Med,2021,11(1):5-17.

13 Hegemann N,Sang PC,Kim JH,et al. Ultrasonographic assessment of pulmonary and central venous congestion in experimental heart failure [J]. Am J Physiol Heart Circ Physiol,2024,326(2):H433-H440.

14 Argai ER. VExUS nexus: bedside assessment of venous congestion [J]. Adv Chronic Kidney Dis,2021,28(3):252-261.

15 Iwakura K,Onishi T. A practical guide to the lung ultrasound for the assessment of congestive heart failure [J]. J Echocardiogr,2021,19(4):195-204.

16 Gargani L. Ultrasound of the lungs: more than a room with a view [J]. Heart Fail Clin,2019,15(2):297-303.

17 Imanishi J,Iwasaki M,Ujiro S,et al. Accuracy of lung ultrasound examinations of residual congestion performed by novice residents in patients with acute heart failure[J]. Int J Cardiol,2024,395:131446.

18 张海洋. 预测急性 ST 段抬高型心肌梗死患者经皮冠状动脉介入术后发生心律失常的列线图模型构建[J]. 内科急危重症杂志,2025,31(3):260-265.

19 徐志云,王登峰,赵丰,赵振国,钱诚. 急性心肌梗死急诊经皮冠状动脉介入术后预后不良危险因素分析:一项随机森林模型研究[J]. 内科急危重症杂志,2025,31(6):545-548,569.

20 Grune J,Beyhoff N,Hegemann N,et al. From bedside to bench: lung ultrasound for the assessment of pulmonary edema in animal models [J]. Cell Tissue Res,2020,380(2):379-392.

21 Garaygordobil DA,Herrera LABa,Nieto RG,et al. Pulmonary congestion assessed by lung ultrasound and cardiovascular outcomes in patients with ST-elevation myocardial infarction [J]. Front Physiol,2022,13:881626.

22 Platz E,Campbell RT,Claggett B,et al. Lung ultrasound in acute heart failure: prevalence of pulmonary congestion and short- and long-term outcomes[J]. JACC Heart Fail. 2019,7(10):849-858.

23 Parras JI,Onocko M,Traviesa LM,et al. Lung ultrasound in acute myocardial infarction. Updating Killip & Kimball[J]. Indian Heart J,2021,73(1):104-108.

24 He JX,Yi SX,Zhou yl,et al. B-Lines by lung ultrasound can predict worsening heart failure in acute myocardial infarction during hospitalization and short-term follow-up [J]. Front Cardiovasc Med,2022,9:895133.

(2024-10-25 收稿 2026-03-18 修回)

附表 1 2 组患者临床资料比较

项目	无肺淤血 (<i>n</i> =126)	肺淤血 (<i>n</i> =117)	t/ <i>x</i> ² / <i>Z</i> 值	<i>P</i> 值
社会人口学资料				
年龄 (岁, $\bar{x} \pm s$)	59.62±11.17	60.57±10.29	0.688	0.492
男性[例 (%)]	91 (72.22)	75 (64.10)	1.848	0.174
城市户籍[例 (%)]	75 (59.52)	70 (59.83)	0.002	0.961
体重指数 (kg/m ² , $\bar{x} \pm s$)	28.32±4.51	28.81±4.07	0.887	0.376
高血压[例 (%)]	85 (67.46)	79 (67.52)	0.000	0.992
糖尿病[例 (%)]	25 (19.84)	37 (31.62)	4.432	0.035
高血脂症[例 (%)]	51 (40.48)	46 (39.32)	0.034	0.854
慢性阻塞性肺疾病[例 (%)]	14 (11.11)	21 (17.95)	2.301	0.129
慢性肝脏病[例 (%)]	23 (18.25)	20 (17.09)	0.056	0.813
慢性肾脏病[例 (%)]	8 (6.35)	19 (16.24)	6.008	0.014
脑卒中史[例 (%)]	10 (7.94)	10 (8.55)	0.030	0.863
心力衰竭史[例 (%)]	1 (0.79)	9 (7.69)	5.673	0.017
心房颤动史[例 (%)]	11 (8.73)	8 (6.84)	0.301	0.583
心脏手术史[例 (%)]	1 (0.79)	0 (0.00)	0.001	0.970
阿司匹林应用史[例 (%)]	21 (16.67)	25 (21.37)	0.874	0.350
吸烟[例 (%)]	50 (39.68)	45 (38.46)	0.038	0.845
饮酒[例 (%)]	11 (8.73)	11 (9.40)	0.033	0.855
入院时资料				
症状发作至入院时间[h , <i>M</i> (<i>P</i> ₂₅ , <i>P</i> ₇₅)]	6 (3,8)	6 (3,9)	0.017	0.895
入院至球囊扩张时间[<i>min</i> , <i>M</i> (<i>P</i> ₂₅ , <i>P</i> ₇₅)]	75 (54,83)	73 (61,85)	0.992	0.321
收缩压 (mmHg, $\bar{x} \pm s$)	139.82±13.47	129.53±12.87	6.079	0.000
舒张压 (mmHg, $\bar{x} \pm s$)	80.12±10.58	75.47±12.99	3.046	0.003
心率 (次/min, $\bar{x} \pm s$)	78.32±11.62	81.43±12.51	2.009	0.046
LVEF[% , <i>M</i> (<i>P</i> ₂₅ , <i>P</i> ₇₅)]	56 (50, 63)	48 (39,57)	1.635	0.102
前壁心肌梗死[例 (%)]	51(40.48)	63(53.85)	4.354	0.037
心脏骤停[例 (%)]	3(2.38)	19(16.24)	14.150	0.000
完全性房室传导阻滞[例 (%)]	5(3.97)	9(7.69)	1.550	0.213
侧支循环[例 (%)]	15(11.90)	13(11.11)	0.037	0.846
≥2 支病变[例 (%)]	82 (65.08)	75 (64.10)	0.025	0.874
Killip 分级[例 (%)]			7.762	0.000
I	110(87.30)	49(41.88)		
II	14(11.11)	28(23.93)		
III	0(0.00)	12(10.26)		
IV	2(1.59)	28(23.93)		
入院时实验室检测				
尿酸 (μmol/L, $\bar{x} \pm s$)	337.42±115.60	424.68±120.19	5.768	0.000
血红蛋白 (g/L, $\bar{x} \pm s$)	130.04±18.57	126.38±18.62	1.533	0.127
白细胞 (×10 ⁹ /L, $\bar{x} \pm s$)	8.11±2.93	8.54±2.72	1.183	0.238
血肌酐 (μmol/L, $\bar{x} \pm s$)	85.62±29.03	105.67±36.01	4.756	0.000
空腹血糖 (μmol/L, $\bar{x} \pm s$)	6.89±1.32	11.31±4.46	10.309	0.000
总胆固醇 (mmmol/L, $\bar{x} \pm s$)	4.58±1.36	4.33±1.34	1.442	0.151
高敏 C 反应蛋白[g/L, <i>M</i> (<i>P</i> ₂₅ , <i>P</i> ₇₅)]	12.07 (8.36, 13.98)	13.45 (13.02, 14.66)	3.111	0.000
NT-proBNP[pg/mL, <i>M</i> (<i>P</i> ₂₅ , <i>P</i> ₇₅)]	1043.45 (227.43, 1676.14)	3039.51 (1025.92, 7580.61)	4.015	0.000