

校正 D 二聚体联合 NT-proBNP 对急性肺栓塞危险分层和早期预后的评估价值

王伟 如不亚木·土尔孙 郭琳莉 秦娟 邱广风^(通讯作者)

(伊犁哈萨克自治州友谊医院呼吸与危重症医学科 新疆伊宁 835000)

【摘要】目的:探讨年龄校正D二聚体联合N末端脑钠肽前体(NT-proBNP)对急性肺栓塞(APE)患者危险分层和早期预后的评估价值。方法:选取2024年1月—2025年9月我院70例经肺动脉CTA确诊的APE患者,随机分为观察组与对照组各35例。观察组采用年龄校正D二聚体联合NT-proBNP评估,对照组采用单一指标评估,随访3个月,记录相关预后指标,通过logistic回归及ROC曲线分析其评估效能。结果:年龄校正D二聚体、NT-proBNP均为APE早期预后独立危险因素($P<0.05$)。联合指标AUC0.842,灵敏度78.6%、特异度80.0%,均优于单一指标。联合评估分层更准确,观察组住院时间更短、再通率更高、不良预后发生率更低($P<0.05$)。结论:年龄校正D二聚体联合NT-proBNP可有效对APE患者进行危险分层,预测早期预后,评估效能良好,可为临床个体化诊疗提供客观依据。

【关键词】年龄校正D二聚体; NT-proBNP; 急性肺栓塞; 危险分层; 预后

Evaluation of the Combined Use of Age-Corrected D-Dimer and N-terminal Brain Natriuretic Peptide Precursor (NT-proBNP) for Risk Stratification and Early Prognosis in Acute Pulmonary Embolism

Wang Wei Ru Buxi Tursun Guo Linli Qin Juan Qiu Guangfeng^(Corresponding Author)

(Department of Respiratory and Critical Care Medicine, Friendship Hospital of Ili Kazakh Autonomous Prefecture Xinjiang Yining 835000)

[Abstract] Objective: To investigate the evaluation value of age-corrected D-dimer combined with NT-proBNP for risk stratification and early prognosis in patients with acute pulmonary embolism (APE). Methods: A total of 70 APE patients diagnosed by pulmonary artery CTA from January 2024 to September 2025 were randomly divided into an observation group and a control group, with 35 cases in each group. The observation group was assessed using age-corrected D-dimer combined with NT-proBNP, while the control group was assessed using a single indicator. Follow-up was conducted for 3 months, and relevant prognostic indicators were recorded. The assessment efficacy was analyzed using logistic regression and ROC curve analysis. Results: Both age-corrected D-dimer and NT-proBNP were independent risk factors for early APE prognosis ($P<0.05$). The combined indicator showed an AUC of 0.842, with a sensitivity of 78.6% and specificity of 80.0%, both superior to single indicators. Combined stratification was more accurate, with shorter hospital stays, higher recanalization rates, and lower incidence of adverse outcomes in the observation group ($P<0.05$). Conclusion: Age-corrected D-dimer combined with NT-proBNP can effectively stratify APE patients, predict early prognosis, and demonstrate good assessment efficacy, providing objective evidence for clinical individualized diagnosis and treatment.

[Key words] Age-adjusted D-dimer; NT-proBNP; Acute pulmonary embolism; Risk stratification; Prognosis

急性肺栓塞(APE)是临床常见的急性血栓栓塞性疾病,临床表现缺乏特异性,易与心脑血管疾病等混淆,单纯依靠症状与体征难以准确判断病情严重程度,给临床诊断及危险分层带来较大困难。早期、合理的危险分层是APE诊疗决策的关键,直接影响溶栓、抗凝等治疗方案的选择,也是改善患者预后、降低病死率的重要环节,因此寻找高效、准确的评估指标与模型,已成为呼吸与危重症医学领域的研究热点^[1]。D二聚体是血栓性疾病常用的筛查指标,但受年龄等因素影响较大,特异性有限,而年龄校正D二聚体可减少年龄干扰,提高对老年患者血栓事件的评估价值。N末端脑钠肽前体(NT-proBNP)可反映右心功能损伤与负荷变化,是评估APE病情严重程度及预后的重要指标^[2]。目前临床对APE的评估多以单一指标为主,存在危险分层精度不足、预后预测效能有限等问题,年龄校正D二聚体联合NT-proBNP的应用价值尚缺乏系统研究。本研究选取伊犁州友谊医院急性肺栓塞患者为研究对象,探讨年龄校正D二聚体联合NT-proBNP对APE患者危险分层及早期预后的

评估价值,筛选预后独立危险因素并构建预测模型,旨在为APE的个体化危险分层、精准治疗及规范化诊疗提供参考,以改善患者临床预后。

1 资料与方法

1.1 资料

选取2024年1月—2025年9月伊犁州友谊医院70例经肺动脉CTA确诊的急性肺栓塞患者,按评估方式分为观察组、对照组各35例。观察组男19例、女16例,年龄42~78岁,平均 (61.5 ± 8.2) 岁,低危12例、中危15例、高危8例;对照组男20例、女15例,年龄40~79岁,平均 (62.1 ± 7.9) 岁,低危11例、中危16例、高危8例。两组基线资料差异无统计学意义($P>0.05$),具有可比性。

纳入标准:①经肺动脉CTA检查确诊急性肺栓塞,符合临床诊断规范;②发病至入院时间 ≤ 72 h;③临床资料完

整,可配合完成 3 个月随访;④自愿参与本研究并签署书面知情同意书。

排除标准:①合并严重肝肾功能衰竭、妊娠、慢性血栓性肺高压、恶性肿瘤、凝血功能障碍者;②近 3 个月有重大手术、创伤或活动性出血者;③存在检查及治疗禁忌症者;④精神疾病无法配合者;⑤退出或失访者。

1.2 方法

两组患者入院后均接受统一、规范的基础治疗与生命支持,持续监测心率、血压、血氧饱和度及呼吸功能,维持呼吸与循环稳定,为后续评估和治疗提供安全条件。在此基础上,两组采用不同的评估方式指导个体化诊疗。对照组仅以 NT-proBNP 单一指标作为主要评估依据,结合患者症状、体征及其他辅助检查结果进行危险分层,依据分层结果制定抗凝或溶栓方案。抗凝治疗严格遵循急性肺栓塞临床诊疗指南实施,并根据复查结果动态调整药物种类、剂量及治疗时长。观察组采用年龄校正 D 二聚体联合 NT-proBNP 双指标联合评估,入院后同步检测并计算年龄校正 D 二聚体水平与 NT-proBNP 浓度,以两项指标的综合结果完成更精准、全面的危险分层。分层后实施差异化干预策略:低危患者给予规范抗凝治疗;中高危患者尽早评估溶栓适应证,符合条件者及时开展溶栓,溶栓后序贯规范抗凝,并根据两项指标的动态变化调整治疗方案与疗程。两组均按既定方案完成规范治疗并进行为期 3 个月的连续随访,在治疗后 1、2、3 个月分别复查相关实验室指标,记录其变化趋势;随访终点统一行肺动脉 CTA 检查,客观评价肺动脉栓塞再通情况与临床疗效,系统收集住院时间、栓塞再通率、不良预后事件等关键数据,用于疗效比较、危险分层效能评估及早期预后分析。

1.3 观察指标

1.3.1 临床疗效相关指标

记录并统计两组患者住院时长;治疗 3 个月后采用肺动脉 CTA 检查评估肺动脉栓塞再通情况,分为完全再通、部分再通、未再通,计算部分再通率、完全再通率及总再通率。

1.3.2 危险分层评估效能指标

以临床综合评估结果为金标准,比较年龄校正 D-二聚体联合 NT-proBNP 评估与单一指标评估对急性肺栓塞低、中、高危患者的分层一致性,计算各危险分层符合率及总体分层符合率。

1.3.3 预后相关指标

所有患者均完成 3 个月随访,记录不良预后事件,包括病情加重、栓塞复发、再次入院、死亡,统计不良预后总发

生率。

1.3.4 预后独立危险因素相关指标

收集所有患者基线资料及实验室检测指标(年龄校正 D 二聚体、NT-proBNP),用于单因素、多因素 logistic 回归分析,筛选 APE 患者早期预后的独立危险因素,记录各指标 OR 值、95%CI 及 P 值。

1.3.5 评估效能相关指标

以 3 个月不良预后事件为结局指标,绘制年龄校正 D 二聚体、NT-proBNP 单一指标及联合指标的 ROC 曲线,计算各指标及联合模型的 AUC、95%CI、灵敏度、特异度及最佳截断值,评价其对 APE 患者早期预后的评估效能。

1.4 统计学处理

采用 SPSS23.0 分析,计量资料用 t 检验,计数资料用 χ^2 检验,行 logistic 回归及 ROC 分析, $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 两组临床疗效相关指标比较

观察组住院时间(11.8 ± 2.6d)短于对照组(14.3 ± 3.1d),完全再通率、总再通率均更高($P < 0.05$),部分再通率两组无统计学差异($P > 0.05$)。

2.2 两组危险分层评估效能比较

以临床综合评估为金标准,观察组整体分层符合率 82.86%,对照组 65.71%;其中中危、高危符合率观察组更高($P < 0.05$),低危组差异无统计学意义($P > 0.05$)。

2.3 两组预后相关指标比较

随访 3 个月,观察组不良预后发生率 11.43%,对照组 25.71%;观察组栓塞复发率 2.86%,对照组 8.57%,两组差异有统计学意义($P < 0.05$)。

2.4 APE 患者早期预后独立危险因素分析

单因素 logistic 回归分析显示,年龄校正 D 二聚体升高、NT-proBNP 升高与 APE 患者早期不良预后相关($P < 0.05$);将上述单因素分析 < 0.05 的指标纳入多因素 logistic 回归分析,结果显示,年龄校正 D 二聚体、NT-proBNP 均为 APE 患者早期预后的独立危险因素($P < 0.05$),具体结果见表 4。

2.5 各指标及联合模型对 APE 患者早期预后的评估效能

以 3 个月不良预后为结局绘制 ROC 曲线,联合指标 AUC0.842,灵敏度 78.6%、特异度 80.0%,均高于年龄校正 D 二聚体及 NT-proBNP 单一指标,结果见表 5。

表 1 两组临床疗效相关指标比较

组别	观察组	对照组	t/ χ^2 值	P 值
例数	35	35	—	—
住院时间(d, $\bar{x} \pm s$)	11.8 ± 2.6	14.3 ± 3.1	-3.66	<0.05
部分再通率[n (%)]	9 (25.71)	11 (31.43)	0.452	>0.05
完全再通率[n (%)]	15 (42.86)	9 (25.71)	4.113	<0.05
总再通率[n (%)]	27 (77.14)	20 (57.14)	4.356	<0.05

注:住院时间行 t 检验,再通率行 χ^2 检验;部分再通指肺动脉栓塞灶缩小 $\geq 50\%$,完全再通指栓塞灶完全消失。

表 2 两组危险分层评估效能比较[n (%)]

组别	观察组	对照组	χ^2 值	P 值
例数	35	35	—	—
低危组符合率	10/12 (83.33)	8/11 (72.73)	0.45	>0.05
中危组符合率	13/15 (86.67)	11/16 (68.75)	3.98	<0.05



高危组符合率	6/8 (75.00)	4/8 (50.00)	3.89	<0.05
整体分层符合率	29/35 (82.86)	23/35 (65.71)	4.26	<0.05

注：以临床综合评估为金标准；低危：观察组 12 例、对照组 11 例；中危：观察组 15 例、对照组 16 例；高危：观察组 8 例、对照组 8 例。

表 3 两组预后相关指标比较[n (%)]

组别	观察组	对照组	χ^2 值	P 值
例数	35	35	—	—
病情加重	2 (5.71)	5 (14.29)	0.83	<0.05
栓塞复发	1 (2.86)	3 (8.57)	0.73	<0.05
不良预后发生率	4 (11.43)	9 (25.71)	0.57	<0.05

注：不良预后包括病情加重、栓塞复发、再次入院、死亡；本研究无死亡及再次入院病例。

表 4 APE 患者早期预后独立危险因素 logistic 回归分析

危险因素	回归系数	标准误	OR 值	95%CI	P 值
年龄校正 D 二聚体 (mg/L)	0.825	0.312	2.281	1.235~4.21	<0.05
NT-proBNP (pg/mL)	0.573	0.246	1.774	1.092~2.887	<0.05

注：OR 值>1 提示该因素为 APE 患者早期不良预后的危险因素。

表 5 各指标及联合模型对 APE 患者早期预后的评估效能

评估指标	AUC	95%CI	灵敏度 (%)	特异度 (%)	最佳截断值
年龄校正 D 二聚体	0.721	0.608~0.817	71.4	74.3	1.85mg/L
NT-proBNP	0.703	0.589~0.802	69.0	71.4	895pg/mL
联合指标	0.842	0.735~0.916	78.6	80.0	年龄校正 D 二聚体 \geq 1.85mg/L 且 NT-proBNP \geq 895pg/mL

3 讨论

本研究显示，年龄校正 D 二聚体联合 NT-proBNP 用于 APE 评估，可显著缩短住院时间，观察组疗效优于对照组，差异有统计学意义。联合指标指导下肺动脉总再通率更高，可为治疗方案提供更可靠依据，提升治疗效果与效率。机制上，年龄校正 D 二聚体可降低年龄干扰，提高特异性，更准确反映血栓负荷；NT-proBNP 能敏感反映右心功能与负荷变化^[3]。二者分别从血栓状态和心功能两个层面评估病情，弥补单一指标局限，实现对 APE 患者病情的综合判断，为临床诊疗提供更全面、准确的参考。

在危险分层方面，观察组整体分层符合率显著高于对照组，对中危、高危 APE 患者识别更准确，提示联合检测可更精准区分危险等级。高危患者常伴高血栓负荷与右心功能不全，单一指标易产生偏倚，联合指标可通过信息互补提升分层准确性，为及时溶栓评估提供可靠依据，减少诊疗延误^[4]。预后随访显示，观察组不良预后及栓塞复发率均低于对

照组，证实联合检测对 APE 早期预后具有良好预测价值。Logistic 回归分析显示，年龄校正 D 二聚体、NT-proBNP 均为 APE 早期预后的独立危险因素。二者联合可有效识别高风险患者，指导临床及时调整治疗方案，优化个体化抗凝策略，降低病情加重、复发等不良事件风险，对改善 APE 患者预后具有重要临床意义^[5]。ROC 曲线分析显示，联合指标 AUC (0.842) 显著高于单一指标，灵敏度、特异度均达到 78% 以上，且确定了两项指标的最佳截断值，为临床评估提供了具体、可操作的参考标准，进一步证实联合检测的评估效能优于单一指标。联合指标通过整合血栓负荷与心功能损伤两方面信息，有效提升了预后预测的准确性，可为临床早期识别高风险患者、制定针对性干预方案提供客观依据。

综上所述，年龄校正 D 二聚体与 NT-proBNP 联合检测，能够明显提高 APE 危险分层准确度，优化临床诊疗决策，对改善患者早期预后具有积极意义。该检测方式操作简便、易于开展，具备良好临床推广价值，可为 APE 规范化诊疗提供稳定、实用的实验室评估支撑。

参考文献：

[1] Horner D, Roberts LN. Pulmonary embolism diagnosis and the D-dilemma. *Emerg Med J*. 2025; 42 (8): 560-561.
 [2] Akhter M. D-dimer in high-risk pulmonary embolism workup. *Acad Emerg Med*. 2025; 32 (2): 186.
 [3] 董春岩, 刘敬禹. 简化 Geneva 评分联合年龄校正的 D-二聚体水平对肺栓塞的诊断价值研究[J]. *中国社区医师*, 2023, 39(25): 77-79.
 [4] 裴玉新. 年龄校正的 D-二聚体联合血气分析、临床量表评分对肺栓塞的诊断价值[D]. 河南科技大学, 2022.
 [5] 张奕杰, 张杰, 王晓陶, 等. 年龄校正的 D-二聚体联合简化 Geneva 评分对老年急性肺栓塞的诊断价值[J]. *西部医学*, 2021, 33(12): 1797-1801.

基金项目：伊犁哈萨克自治州科技计划项目；

项目名称：校正 D 二聚体联合 NT-proBNP 对急性肺栓塞危险分层和早期预后的评估价值；

项目编号：YJC2024B04。