

# BISAP 和 MCTSI 对急性胰腺炎患者病情进展的预测价值

王 鲁 徐 亭 王瑞峰 王小兵

**摘 要** **目的** 研究床旁急性胰腺炎严重程度(BISAP)和改良 CT 严重程度指数(MCTSI)对急性胰腺炎患者的病情严重程度及预后指标包括有无局部并发症、全身并发症及治疗转归等的评估价值。**方法** 采用回顾性临床研究方法,研究 2015 年 1 月 1 日~2021 年 1 月 1 日哈尔滨医科大学附属第四医院收治的符合要求的急性胰腺炎患者 612 例,对所有急性胰腺炎患者进行 BISAP 和 MCTSI 评分。受试者工作曲线分析两种评分系统对急性胰腺炎严重程度及预后的评估价值。**结果** 612 例患者中,男性 439 例,女性 173 例;轻症胰腺炎 443 例,中度重症胰腺炎 139 例,重症胰腺炎 30 例,其中死亡 6 例全部为重症胰腺炎患者。胰腺炎程度越重,住院时间越长,BISAP 评分、MCTSI 评分越高,差异有统计学意义( $P < 0.01$ ),且 MCTSI、BISAP 评分与住院时间均呈正显著相关( $r_1 = 0.295, r_2 = 0.205, P < 0.01$ )。在预测局部并发症方面,MCTSI 的评估价值高于 BISAP 评分( $P < 0.05$ ),在预测全身并发症方面,BISAP 评估价值高于 MCTSI( $P < 0.05$ ),而在预测重症胰腺炎及死亡方面,两种评分比较,差异无统计学意义( $P > 0.05$ )。BISAP 评分和 MCTSI 评分在预测重症胰腺炎的死亡方面均有较高的特异性和敏感度,而在预测局部并发症和全身并发症方面,特异性高于敏感度。**结论** BISAP 侧重于评估全身状态,MCTSI 侧重于胰腺局部的变化,使用这两种评分有利于临床医生可以在急性胰腺炎发病早期发现重症趋势。

**关键词** 急性胰腺炎 BISAP 评分 MCTSI 评分 预后

**中图分类号** R449;R576

**文献标识码** A

**DOI** 10.11969/j.issn.1673-548X.2021.12.019

**Predictive Value of BISAP and MCTSI for the Progression of Patients with Acute Pancreatitis.** Wang Lu, Xu Ting, Wang Ruifeng, et al. Department of Gastroenterology, the Fourth Affiliated Hospital of Harbin Medical University, Heilongjiang 150001, China

**Abstract Objective** To study the value of bedside index for severity in acute pancreatitis(BISAP) and modified computed tomography severity index(MCTSI)scoring systems in evaluating the severity of acute pancreatitis and its prognostic indicators including local complications, systemic complications and treatment outcome. **Methods** A retrospective clinical study was conducted in 612 patients who met the requirements of acute pancreatitis admitted to the Fourth Affiliated Hospital of Harbin Medical University from January 1, 2015 to January 1, 2021. BISAP and MCTSI scores were assessed for all patients with acute pancreatitis. The working curve of subjects was analyzed to assess the value of two scoring systems for the severity and prognosis of acute pancreatitis. **Results** A total of 612 patients with acute pancreatitis were included in this study. There were 439 males and 173 females, including 443 cases of mild pancreatitis, 139 cases of moderate severe pancreatitis and 30 cases of severe pancreatitis, of which six cases died, all of which were patients with severe pancreatitis. As the severity of pancreatitis increased and the length of hospital stay increased, the BISAP and MCTSI scores increased, and the differences were statistically significant ( $P < 0.01$ ). Besides, the MCTSI and BISAP scores positively correlated with the length of hospital stay ( $r_1 = 0.295, r_2 = 0.205$ ), and they were significantly correlated ( $P < 0.01$ ). MCTSI was more valuable than BISAP in predicting local complications ( $P < 0.05$ ) and BISAP was more valuable than MCTSI in predicting systemic complications ( $P < 0.05$ ), with no significant differences in predicting severe pancreatitis or death ( $P > 0.05$ ). Both the BISAP and MCTSI scores were more specific and sensitive in predicting the death of severe pancreatitis, while they were more specific than sensitive in predicting local and systemic complications. **Conclusion** BISAP and MCTSI scores have strong predictive value for severe and severe acute pancreatitis, local complications, systemic complications and death. BISAP focuses on the assessment of systemic status, while MCTSI focuses on local pancreatic changes. The use of these two scores is conducive for clinicians to identify serious trends in the early onset of acute pancreatitis.

**Key words** Acute pancreatitis; BISAP score; MCTSI score; Prognosis

基金项目:黑龙江省自然科学基金资助项目(H2017024)

作者单位:150001 哈尔滨医科大学附属第四医院消化内科(王鲁、徐亭);570100 海口,海南医学院附属第二医院消化内科(王瑞峰);150001 哈尔滨医科大学附属第一医院消化内科(王小兵)

通讯作者:王瑞峰,电子邮箱:HYDWRF1975@163.com

急性胰腺炎 (acute pancreatitis, AP) 是一种常见的消化科疾病,具有较高的发生率和病死率<sup>[1]</sup>;它最常见的病因是胆结石,其次是乙醇和高脂血症<sup>[2]</sup>。虽然多数患者表现为轻症急性胰腺炎 (mild acute pancreatitis, MAP),且病程呈自限性<sup>[3]</sup>。但仍有约 20% 的患者会发展为以胰腺坏死和器官衰竭为特征的重症急性胰腺炎 (severe acute pancreatitis, SAP),其病死率可高达 20% ~ 40%<sup>[4,5]</sup>。由于 AP 的表现是连续的、变化的,所以许多 MAP 患者可能会在入院后逐渐进展为 SAP。而 SAP 的治疗是非常棘手的,患者病情常迁延不愈,并发症多且医疗费用高昂,患者常常需要转入 ICU 治疗或外科手术治疗,因此在早期能够评估患者的病情并识别 SAP,进行积极的早期治疗是改善患者预后、降低病死率的关键。

目前,临床中有多个针对 AP 的评分系统,它们能够判断患者的预后,评价病情的严重程度,还可以指导医生对不同病情的患者进行监测及治疗,并根据病情的发展进行动态的评估。这些评分有 Ranson 评分、急性生理与慢性健康评分 (acute physiology and chronic health evaluation, APACHE - II)、CT 严重程度指数 (computed tomography severity index, CTSI)、无伤害性胰腺炎评分 (harmless acute pancreatitis score, HAPS)、Glasgow 评分标准、床旁急性胰腺炎严重程度 (bedside index for severity in acute pancreatitis, BISAP) 和改良 CT 严重程度指数 (modified computed tomography severity index, MCTSI) 等,每种评分系统都有其各自的优势与局限性。例如 Ranson 评分<sup>[6]</sup>和 APACHE - II 评分<sup>[7]</sup>,它们的历史悠久且准确性高,在胰腺炎的研究中应用最多。然而,由于评分需要收集多个时间段的指标且项目复杂,在普通病房难以实现全面地收集,因此应用受到限制,更适用于 ICU 病房,且其中一些指标可能与 AP 的预后无关,而胰腺损伤和局部并发症等对于 AP 来说非常重要的方面被遗漏。而 BISAP 评分方法简单,所需指标少且容易在普通病房获得。MCTSI 评分则是依据 AP 增强 CT 扫描的特征来计算 CT 严重程度指数,较为客观<sup>[8]</sup>。因此,本研究旨在分析 BISAP 和 MCTSI 对早期 AP 患者病情进展的预测价值。

### 资料与方法

1. 临床资料:基于哈尔滨医科大学附属第四医院的电子病历系统,回顾性分析了 2015 年 1 月 1 日 ~ 2021 年 1 月 1 日在笔者医院接受治疗的 AP 患者。纳入标准:符合 AP 的诊断标准<sup>[9]</sup>:①急性的、突

的、持续的、剧烈的上腹部疼痛,可出现背部放射痛;②血清淀粉酶和 (或) 脂肪酶活性至少大于正常值上限的 3 倍;③ CT 或 MRI 呈 AP 典型影像学改变 (胰腺水肿或胰周渗出积液)。符合以上 3 项标准中的 2 项,即可诊断为 AP。排除标准:①住院时间少于 3 天;②发病至入院超过 72h;③住院期间未行腹部增强 CT 检查;④入院前于外院或诊所经过治疗;⑤合并有在发作的心脏病 (心力衰竭、心律失常等)、呼吸系统疾病 (慢性阻塞性肺疾病、哮喘、呼吸衰竭等)、肾病 (急性慢性肾炎、肾衰竭等)、血液系统疾病 (白血病等)、慢性胰腺炎、精神疾病等。共有 612 例患者符合入选标准,其中男性 439 例,女性 173 例;MAP 443 例,MSAP 139 例,SAP 30 例;发生局部并发症的有 85 例,发生全身并发症 123 例,死亡 6 例。

2. 资料收集:收集 AP 患者入院后第一时间的体温、呼吸频率、血压、心率、白细胞、血尿素氮、血肌酐、精神状态、氧分压、胸部 X 线片、腹部增强 CT 等参数,对患者进行 BISAP 和 MCTSI 的评分。

BISAP 的评分标准<sup>[10]</sup>: (1) 血尿素氮: > 8.9mmol/L 计 1 分,余为 0 分。(2) 全身炎症反应综合征: ①体温 > 38℃ 或 < 36℃; ②心率 > 90 次/分; ③呼吸 > 20 次/分或 PaCO<sub>2</sub> < 32mmHg (1mmHg = 0.133kPa); ④白细胞计数 > 12.0 × 10<sup>9</sup>/L 或 < 4.0 × 10<sup>9</sup>/L 或幼稚细胞 > 10%, 4 项具备 2 项以上者计 1 分,余为 0 分。(3) 精神受损状态: 根据 Glasgow 评分标准进行评估, < 15 分则计 1 分,余为 0 分。(4) 胸腔积液: 存在胸腔积液或计 1 分,余为 0 分。(5) 年龄 > 60 岁计 1 分,余为 0 分。MCTSI 评分标准<sup>[11]</sup>: (1) 胰腺炎症: 正常胰腺计 0 分; 胰腺或胰周炎症计 2 分; ≥ 1 处积液或胰周脂肪坏死计 4 分。(2) 胰腺坏死: 没有坏死计 0 分; < 30% 的胰腺坏死计 2 分; ≥ 30% 的胰腺坏死计 4 分。(3) 有胰腺外并发症 (胸腔积液、腹腔积液、胰周血管、胃肠道受累等) 计 2 分。

根据 2019 年中国急性胰腺炎诊治指南<sup>[12]</sup>,将患者分为: (1) MAP: 符合 AP 的诊断标准,不伴有器官衰竭及局部或全身并发症。(2) 中度重症急性胰腺炎 (MSAP): 符合 AP 的诊断标准,伴有一过性的器官衰竭 (在 48h 内可以恢复),或伴有局部或全身并发症。(3) SAP: 符合 AP 的诊断标准,必须伴有持续 (超过 48h) 的器官衰竭,是否存在器官衰竭参考改良 Marshall 评分,一个器官评分 ≥ 2 分则定义为器官衰竭<sup>[13]</sup>。

3. 统计学方法:使用 SPSS 26.0 统计学软件对数据进行统计分析,计量资料非正态分布采用中位数

(四分位间距)[ $M(Q1, Q3)$ ]表示,多组间比较使用非参数检验,变量间的相关程度采用 *Spearman* 相关性分析。作受试者工作特征曲线 (receiver operating characteristic, ROC) 分析比较两种评分对 SAP、局部并发症、全身并发症及死亡的预测价值,*Z* 检验判断曲线下面积 (area under curve, AUC) 有无差异,计数资料采用  $\chi^2$  检验判断不同临界值的分组间差异有无统计学意义,以  $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

结 果

3 组胰腺炎患者的住院时间、BISAP 及 MCTSI 评

分的比较及相关性:将 AP 患者按轻重程度分为 MAP、MSAP、SAP 3 组,3 组的住院时间分别为 10(8, 13)天、12(9, 15)天、14(10, 22)天,差异有统计学意义( $P < 0.01$ );3 组 BISAP 评分分别为 1(1, 1)分、1(1, 5)分、3(2, 4)分,分数比较差异有统计学意义( $P < 0.01$ );3 组 MCTSI 评分分别为 2(2, 2)分、2(2, 4)分、6(4, 6)分,分数比较差异有统计学意义( $P < 0.01$ )。MCTSI、BISAP 评分与住院时间均呈正显著相关( $r_1 = 0.295, r_2 = 0.205, P < 0.01$ ),详见表 1。

表 1 不同程度胰腺炎患者的年龄、住院时间、BISAP 及 MCTSI 评分的比较[ $M(Q1, Q3)$ ]

| 组别       | <i>n</i> | 年龄(岁)      | 住院时间(天)    | BISAP(分) | MCTSI(分) |
|----------|----------|------------|------------|----------|----------|
| MAP      | 443      | 44(36, 58) | 10(8, 13)  | 1(1, 1)  | 2(2, 2)  |
| MSAP     | 139      | 46(36, 58) | 12(9, 15)  | 1(1, 5)  | 2(2, 4)  |
| SAP      | 30       | 65(43, 77) | 14(10, 22) | 3(2, 4)  | 6(4, 6)  |
| <i>P</i> |          | 0.000      | 0.000      | 0.000    | 0.000    |

两种评分对 SAP、局部并发症、全身并发症及死亡的预测价值:分别制作两种评分与 SAP、局部并发症、全身并发症及死亡的 ROC 曲线(图 1~图 4),比较其 AUC 大小差异有无统计学意义(表 2)。BISAP 和 MCTSI 评分预测 SAP 的 AUC 分别为 0.945 和 0.858,预测局部并发症的 AUC 分别为 0.647 和 0.795,预测全身并发症的 AUC 分别为 0.785 和 0.640,预测死亡的 AUC 分别为 0.956 和 0.941。*Z* 检验显示,在预测局部并发症方面, MCTSI 评分的 AUC 值偏大且差异有统计学意义( $P < 0.05$ ),在预测全身并发症方面, BISAP 评分的 AUC 值偏大且差异有统计学意义( $P < 0.05$ ),在预测 SAP 及死亡方面,两种评分比较,差异无统计学意义( $P > 0.05$ )。

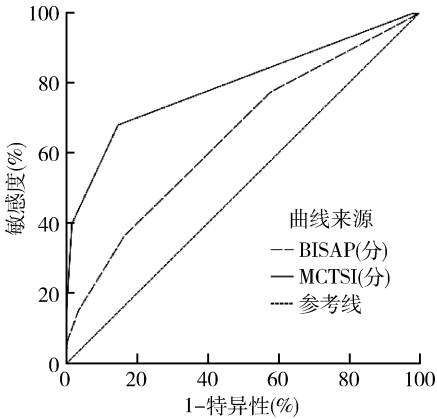


图 2 两种评分与局部并发症发生关系的 ROC 曲线

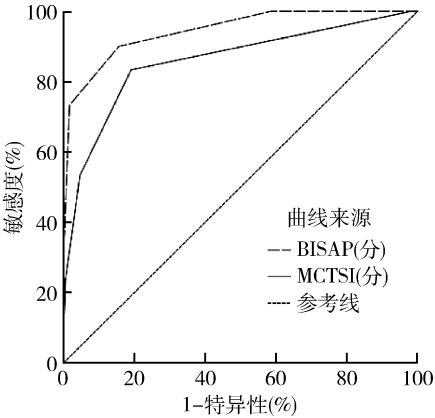


图 1 两种评分与 SAP 发生关系的 ROC 曲线

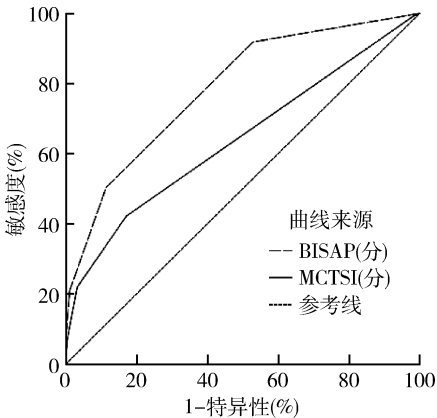


图 3 两种评分与全身并发症发生关系的 ROC 曲线

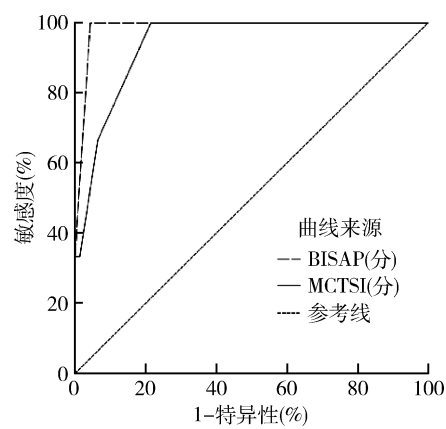


图 4 两种评分与死亡发生关系的 ROC 曲线

表 2 两种评分在预测 SAP、局部并发症、全身并发症及死亡的比较 [AUC(95% CI)]

| 项目    | SAP                   | 局部并发症                 | 全身并发症                 | 死亡                    |
|-------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| BISAP | 0.945 (0.902 ~ 0.987) | 0.647 (0.581 ~ 0.712) | 0.785 (0.740 ~ 0.830) | 0.986 (0.973 ~ 0.999) |
| MCTSI | 0.858 (0.777 ~ 0.940) | 0.795 (0.733 ~ 0.857) | 0.640 (0.580 ~ 0.700) | 0.941 (0.887 ~ 0.994) |
| Z     | 1.82                  | 3.27                  | 3.84                  | 1.61                  |
| P     | 0.069                 | 0.001                 | 0.000                 | 0.107                 |

表 3 两种评分预测 SAP、局部并发症、全身并发症及死亡的最佳截点及特异性、敏感度

| 项目          | SAP  | 局部并发症 | 全身并发症 | 死亡   |
|-------------|------|-------|-------|------|
| BISAP       |      |       |       |      |
| cut - off 值 | 1.5  | 1.5   | 1.5   | 2.5  |
| 特异性 (%)     | 84.4 | 83.5  | 88.5  | 95.7 |
| 敏感度 (%)     | 90.0 | 36.5  | 50.4  | 100  |
| MCTSI       |      |       |       |      |
| cut - off 值 | 3.0  | 3.0   | 3.0   | 3.0  |
| 特异性 (%)     | 80.9 | 85.3  | 82.8  | 78.5 |
| 敏感度 (%)     | 83.3 | 68.2  | 42.3  | 100  |

BISAP 评分由 Wu 等<sup>[15]</sup>提出,这项评分的评价方法简单,对 AP 患者的并发症、器官衰竭、病死率的评价准确性与 APACHE - II、Ransons 评分等相似<sup>[16-18]</sup>。MCTSI 是 Mortelé 等<sup>[19]</sup>将 CTSI 评分系统进行了修改和简化,修改之后计算更容易,且受影像医生阅片的主观影响减少,另外在 CTSI 的基础上增加了对胰外并发症(胰腺实质外的病变、血管及胃肠道受累、胸腔及腹腔积液)的评估,可以更准确、全面地对 AP 严重程度和预后进行预测<sup>[20,21]</sup>。MCTSI 和 CTSI 在预测 AP 严重程度方面均有很好的效果,但 MCTSI 对发生并发症和患者预后的预测敏感度和准确度更高<sup>[22]</sup>。

本研究结果显示,若患者胰腺炎的严重程度越重,则 BISAP 评分和 MCTSI 评分越高,同时评分越高住院时间也越长。根据两种评分的 cut - off 值,笔者把 BISAP $\geq 2$  分和 MCTSI $\geq 4$  作为是患者病情可能发

根据 ROC 曲线,可得两种评分在 SAP、局部并发症、全身并发症及死亡的 cut - off 值及特异性、敏感度(表 3)。BISAP 评分和 MCTSI 评分在预测 SAP 和死亡方面均有较高的特异性和敏感度,而在预测局部并发症和全身并发症方面,两种评分的特异性高于敏感度。

讨 论

虽然大多数 AP 患者表现为轻症,但一旦转为重症,就会有比较高的病死率,且救治的花费巨大,因此临床上需要一个简单的评分标准或者化验指标来有效地帮助医生对 AP 患者的病情发展做出预判<sup>[14]</sup>。

生进展的标志。当 BISAP $\geq 2$  分或 MCTSI $\geq 4$ ,提示患者可发展为 SAP、出现局部并发症、全身并发症甚至死亡的风险。在对 AP 轻重度分型及死亡的判断上,两者的评估价值相似,都具有较高的敏感度和特异性。但在对局部并发症的预测价值评估中 MCTSI 评分优于 BISAP 评分,有较高的特异性,而 BISAP 评分对在全身并发症的评估价值高于 MCTSI 评分,这是因为 CT 对胰腺局部的变化敏感,但由于它只建立在局部并发症基础上,不能反映全身炎症反应。

综上所述,BISAP 侧重于对 AP 患者全身状态的评估而 MCTSI 侧重于对胰腺局部变化的评估,二者结合可以更好地预测患者病情的严重程度与预后。使用 BISAP 可以在入院后数小时内对患者的病情进行评估,而且可以在住院期间持续采集指标进行多次的动态评分,有利于医生对评分突然升高的患者尽快地采取措施,如吸氧、插管、血液滤过或转入 ICU 治疗。MCTSI 评分则取决于患者做增强 CT 检查的时间,可能在入院几天后才能对患者进行评分,另外增强 CT 花费高,并非每个患者都有意愿接受检查,但 MCTSI 对患者胰腺的病变有很高的准确性,有利于识别胰腺假性囊肿或脓肿等局部并发症,必要时可及时行外科干预。此外,由于本研究是单中心的回顾性研究,还存在着 MAP 患者过少等问题,可能使研究结果存在误差,因此仍需对本研究的结论进行扩大样本量的分析。

## 参考文献

- 1 Peery AF, Crockett SD, Barritt AS, *et al.* Burden of gastrointestinal, liver, and pancreatic diseases in the United States[J]. *Gastroenterology*, 2015, 149(7): 1731 – 1741
- 2 Matta B, Gougol A, Gao X, *et al.* Worldwide variations in demographics, management, and outcomes of acute pancreatitis[J]. *J Am Gastroenterol Assoc*, 2020, 18(7): 1567 – 1575
- 3 郑西, 何文华, 吕农华. 急性胰腺炎的治疗: 近 5 年进展[J]. *中国实用内科杂志*, 2018, 38(3): 245 – 251
- 4 Garg PK, Singh VP. Organ failure due to systemic injury in acute pancreatitis[J]. *Gastroenterology*, 2019, 156(7): 2008 – 2023
- 5 Boxhoorn L, Voermans RP, Bouwense SA, *et al.* Acute pancreatitis [J]. *Lancet*, 2020, 396(10252): 726 – 734
- 6 张娟, 章润叶, 杨淑洁, 等. 实验室指标和评分系统对急性胰腺炎患者病情严重程度及早期预后的评估价值[J]. *临床急诊杂志*, 2021, 22(1): 50 – 54
- 7 Li M, Xing XK, Lu ZH, *et al.* Comparison of scoring systems in predicting severity and prognosis of hypertriglyceridemia – induced acute pancreatitis[J]. *Digest Dis Sci*, 2020, 65(4): 1206 – 1211
- 8 Balthazar EJ, Robinson DL, Megibow AJ, *et al.* Acute pancreatitis: value of CT in establishing prognosis[J]. *Radiology*, 1990, 174(2): 331 – 336
- 9 赵玉沛, 王春友, 李非. 急性胰腺炎诊治指南(2014 版)[J]. *中华消化外科杂志*, 2015, 14(1): 1 – 5
- 10 李新, 郭振科, 莫元春. HAPS 联合 BISAP、PASS 评估系统对急性胰腺炎预后评估的研究[J]. *国际消化病杂志*, 2020, 40(1): 53 – 58
- 11 方芳, 谭伟, 胡少平. MCTSI 联合 D – D 评估急性胰腺炎患者临床预后的可行性分析[J]. *CT 理论与应用研究*, 2019, 28(1): 139 – 146
- 12 杜奕奇, 陈其奎, 李宏宇, 等. 中国急性胰腺炎诊治指南(2019 年, 沈阳)[J]. *临床肝胆病杂志*, 2019, 35(12): 2706 – 2711
- 13 Abu Omar Y, Attar BM, Agrawal R, *et al.* Revised marshall score: a new approach to stratifying the severity of acute pancreatitis[J]. *Dig*

*Dis Sci*, 2019, 64(12): 3610 – 3615

- 14 张映媛, 黄华, 路明亮, 等. 不同评分系统对判断急性胰腺炎病情及预后的比较研究[J]. *胃肠病学和肝病学杂志*, 2018, 27(1): 25 – 29
- 15 Wu BU, Johannes RS, Sun X, *et al.* The early prediction of mortality in acute pancreatitis: a large population based study[J]. *Gut*, 2008, 57(12): 1698 – 1703
- 16 Francisco V, Matas – Cobos Ana M, Carlos A, *et al.* BISAP, RANSON, lactate and others biomarkers in prediction of severe acute pancreatitis in a European cohort[J]. *J Gastroenterol Hepatol*, 2017, 32(9): 1649 – 1656
- 17 何文华, 郑西, 祝荫, 等. 基于大样本数据库比较 APACHE II、Ranson、BISAP 和 CTSI 评分在早期预测急性胰腺炎病情严重程度的价值[J]. *中华胰腺病杂志*, 2019, 19(3): 172 – 176
- 18 Anubhav HK, Mahavir SG. A comparison of APACHE II, BISAP, Ranson’s score and modified CTSI in predicting the severity of acute pancreatitis based on the 2012 revised Atlanta classification[J]. *Gastroenterol Rep*, 2018, 6(2): 127 – 131
- 19 Mortelé KJ, Mergo PJ, Taylor HM, *et al.* Peripancreatic vascular abnormalities complicating acute pancreatitis: contrast – enhanced helical CT findings[J]. *Eur J Radiol*, 2004, 52(1): 67 – 72
- 20 Banday IA, Gattoo I, Khan AM, *et al.* Modified computed tomography severity index for evaluation of acute pancreatitis and its correlation with clinical outcome: a tertiary care hospital based observational study[J]. *J Clin Diagnost Res*, 2015, 9(8): TC1 – 5
- 21 Yang L, Liu J, Xing Y, *et al.* Comparison of BISAP, ranson, MCTSI, and APACHE II in predicting severity and prognoses of hyperlipidemic acute pancreatitis in Chinese patients[J]. *Gastroenterol Res Prac*, 2016, 2016: 1834256
- 22 王健, 郁毅刚, 林庆斌. 改良 CT 严重指数和 CT 严重指数对急性胰腺炎严重程度和预后的预测价值[J]. *中国医师进修杂志*, 2018, 41(1): 21 – 25

(收稿日期: 2021 – 07 – 05)

(修回日期: 2021 – 08 – 01)

(上接第 78 页)

- 12 Xia T, Konno H, Ahn J, *et al.* Deregulation of STING signaling in colorectal carcinoma constrains DNA damage responses and correlates with tumorigenesis[J]. *Cell Rep*, 2016, 14(2): 282 – 297
- 13 Ablasser A, Chen ZJ. cGAS in action: expanding roles in immunity and inflammation[J]. *Science*, 2019, 363(6431): eaat 8657
- 14 Cui X, Zhang R, Cen S, *et al.* STING modulators: predictive significance in drug discovery[J]. *Eur J Med Chem*, 2019, 182: 111591
- 15 高燕萍, 蒋雪萍, 刘星煜, 等. cGAS – STING 信号通路在肿瘤治疗中的作用与应用前景[J]. *中华放射肿瘤学杂志*, 2021, 30(5): 518 – 522
- 16 Hu D, Cui YX, Wu MY, *et al.* Cytosolic DNA sensor cGAS plays an essential pathogenetic role in pressure overload – induced heart failure [J]. *Am J Physiol Heart Circ Physiol*, 2020, 318(6): H1525 – H1537
- 17 Yu Y, Liu Y, An W, *et al.* STING – mediated inflammation in

Kupffer cells contributes to progression of nonalcoholic steatohepatitis [J]. *J Clin Invest*, 2019, 129(2): 546 – 555

- 18 Maekawa H, Inoue T, Ouchi H, *et al.* Mitochondrial damage causes inflammation via cGAS – STING signaling in acute kidney injury[J]. *Cell Rep*, 2019, 29(5): 1261 – 1273, e6
- 19 Rizwan H, Pal S, Sabnam S, *et al.* High glucose augments ROS generation regulates mitochondrial dysfunction and apoptosis via stress signaling cascades in keratinocytes[J]. *Life Sci*, 2020, 241: 117148
- 20 Ma Y, Chen Z, Tao Y, *et al.* Increased mitochondrial fission of glomerular podocytes in diabetic nephropathy [J]. *Endocr Connect*, 2019, 8(8): 1206 – 1212
- 21 Pal S, Rao GN, Pal A. High glucose – induced ROS accumulation is a critical regulator of ERK1/2 – Akt – tuberlin – mTOR signalling in RGC – 5 cells[J]. *Life Sci*, 2020, 256: 117914

(收稿日期: 2021 – 06 – 22)

(修回日期: 2021 – 07 – 09)