

血清学指标对多发伤并发急性胃肠功能损伤的预测价值*

杜工亮¹ 党星波¹ 闫海龙¹ 马龙洋¹

[摘要] **目的:**探讨血清瓜氨酸、肠型脂肪酸结合蛋白(I-FABP)、D-乳酸、 α -谷胱甘肽 S 转移酶(α -GST)等指标对多发伤并发急性胃肠功能损伤(AGFI)的预测价值。**方法:**回顾性分析陕西省人民医院急诊外科于 2019 年 8 月—2021 年 8 月期间收治的多发伤患者 136 例,根据是否合并 AGFI 分为多发伤未并发 AGFI 组(N-AGFI 组,89 例)和多发伤并发 AGFI 组(AGFI 组,47 例)。收集并对比两组年龄、既往史等一般资料,以及血常规、生化指标、C 反应蛋白(CPR)、降钙素原(PCT)、凝血功能、瓜氨酸、I-FABP、D-乳酸、 α -GST 等指标的差异。应用二元 logistics 回归分析多发伤并发 AGFI 的影响因素,随后绘制 ROC 曲线分析各指标对多发伤并发 AGFI 的预测价值。**结果:**AGFI 组患者年龄以及血清 PCT、I-FABP、D-乳酸、 α -GST 水平均显著高于 N-AGFI 组,而瓜氨酸水平则显著低于 N-AGFI 组,差异均有统计学意义($P < 0.05$)。二元 logistics 回归分析结果显示血清瓜氨酸、I-FABP、D-乳酸、 α -GST 水平是多发伤合并 AGFI 的独立影响因素($P < 0.05$)。由 ROC 曲线可见,血清瓜氨酸、I-FABP、D-乳酸、 α -GST 水平及联合检测均可用于预测多发伤并发 AGFI,其 AUC 分别为 0.696、0.734、0.919、0.748、0.960,其中联合检测的 AUC 最高,其预测多发伤并发 AGFI 的敏感度和特异度分别为 87.23%、93.26%。**结论:**血清瓜氨酸、I-FABP、D-乳酸、 α -GST 水平对多发伤患者并发 AGFI 具有较好的预测价值,四项指标联合预测的效果更佳。

[关键词] 多发伤;急性胃肠功能损伤;瓜氨酸;肠型脂肪酸结合蛋白;D-乳酸; α -谷胱甘肽 S 转移酶

DOI:10.13201/j.issn.1009-5918.2022.06.003

[中图分类号] R459.7 **[文献标志码]** A

Predictive value of serological indexes in patients with multiple trauma complicated with acute gastrointestinal function injury

DU Gongliang DANG Xingbo YAN Hailong MA Longyang

(Department of Emergency Surgery, Shaanxi Provincial People's Hospital, Xi'an, 710068, China)

Corresponding author: MA Longyang, E-mail: malongyang@126.com

Abstract Objective: To explore the predictive value of serum indexes such as citrulline, intestinal fatty acid binding protein(I-FABP), D-lactate and α -glutathione S-transferase(α -GST) in patients with multiple trauma complicated with acute gastrointestinal function injury(AGFI). **Methods:** The medical records of 136 patients with multiple trauma treated in Shaanxi Provincial People's Hospital from August 2019 to August 2021 were analyzed retrospectively. According to whether they were complicated with AGFI, they were divided into multiple trauma without AGFI group(N-AGFI group) and multiple trauma with AGFI group(AGFI group). The general data such as age, past history and other indicators as well as blood routine, biochemical indexes, CPR, coagulation function, citrulline, I-FABP, D-lactate and α -GST were collected and compared between the two groups. Binary logistic regression was used to analyze the influencing factors of multiple trauma complicated with AGFI, and then ROC curve was drawn to analyze the predictive value of each index to multiple trauma complicated with AGFI. **Results:** The age and serum levels of PCT, I-FABP, D-lactate and α -GST in AGFI group were significantly higher than those in N-AGFI group, while the level of citrulline was significantly lower than that in N-AGFI group, the differences were statistically significant($P < 0.05$). The results of binary logistic regression analysis showed that the levels of serum citrulline, I-FABP, D-lactate and α -GST were independent influencing factors of multiple trauma complicated with AGFI($P < 0.05$). ROC curve showed that the levels of serum citrulline, I-FABP, D-lactate, α -GST and combined detection can be used to predict multiple trauma complicated with AGFI, with AUC of 0.696, 0.734, 0.919, 0.748 and 0.960 respectively. The AUC of combined detection is the highest, and the sensitivity and specificity for predicting multiple trauma complicated with AGFI are 87.23% and 93.26% respectively. **Conclusion:** The levels of serum citrulline, I-FABP, D-lactate and α -GST have good predictive value for AGFI

*基金项目:陕西省重点研发计划(No:2017SF-145)

¹陕西省人民医院急诊外科(西安,710068)

通信作者:马龙洋,E-mail:malongyang@126.com

in patients with multiple trauma, and the combined prediction of the four has better predictive value.

Key words multiple trauma; acute gastrointestinal function injury; citrulline; intestinal fatty acid binding protein; D-lactate; α -glutathione S-transferase

多发伤指外界机械因素造成机体两个及以上解剖部位或脏器严重受损,是常见的危急重症。多发伤易出现免疫失衡、全身炎症反应、凝血障碍以及多器官功能障碍等严重并发症^[1-2]。同时,多发伤也可导致胃肠组织缺血、损伤,致使上皮细胞功能受损、黏膜屏障功能障碍,引发急性胃肠功能损伤(acute gastrointestinal function injury, AGFI)^[3]。多发伤并发 AGFI 时可导致肠道菌群或内毒素移位,使病情加剧^[4]。因此,寻找多发伤并发 AGFI 的预测指标进而对其预防或早期干预极为重要。

1 资料及方法

1.1 临床资料

回顾性分析我院 2019 年 8 月—2021 年 8 月期间急诊收治的多发伤患者。共计纳入 136 例,其中男 103 例,女 33 例;年龄 21~75 岁,平均(40.48±9.97)岁;APACHE II 评分为(8.47±3.15)分。根据患者是否并发 AGFI 分为多发伤并发 AGFI 组(AGFI 组)及多发伤未并发 AGFI 组(N-AGFI 组)。两组入院后均接受快速诊断检查、补液、稳定内环境及血流动力学、保护脏器功能等治疗,并根据病情接受镇痛镇静、呼吸支持或手术治疗。

纳入标准:①多发伤诊断符合 2013 版《多发伤病历与诊断:专家共识意见》^[5],AGFI 诊断符合 ESICM 共识^[6];②AIS 简明损伤评分^[7]≥3 分;③受伤到就诊时间<6 h。

排除标准:①休克;②重度失血性贫血;③伴腹部外伤者,或颅脑损伤,或脊髓损伤;④既往胃肠道功能损伤病史或胃肠道手术史;⑤既往脑血管病或颅脑外伤者,或有严重心、肺、肝、肾功能不全者,或

免疫性疾病或代谢性疾病者;⑥临床资料不全;⑦住院时间不足 24 h;⑧AGFI 诊断不明者。

1.2 资料收集方法

由一名主治或以上职称医生负责收集所有患者的临床资料,包括年龄、性别、既往史、多发伤病因以及 APACHE II 评分等。

1.3 观察指标

收集所有受试者入院后 24 h 内静脉血的首次检测结果,其中血常规、生化(肝功、肾功、血脂、血糖)、C 反应蛋白(CPR)、降钙素原(PCT)、凝血功能由我院中心实验室检测;瓜氨酸水平采用高效液相色谱法检测;肠型脂肪酸结合蛋白(I-FABP)、 α -谷胱甘肽 S 转移酶(α -GST)水平采用 Elisa 实验检测;D-乳酸水平采用改良酶学分光光度法检测。

1.4 统计学方法

所有实验数据采用 SPSS 21.0 软件进行处理,计量资料以 $\bar{X} \pm S$ 表示,组间比较采用 *t* 检验。计数资料以例(%)表示,组间比较采用 χ^2 检验或连续性校正。应用二元 logistic 回归分析多发伤并发 AGFI 的影响因素。绘制 ROC 曲线分析各指标预测多发伤并发 AGFI 的效能,并计算曲线下面积(AUC),随后采用 Hanley & McNeil 比较 AUC 之间的差异。*P*<0.05 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 两组患者一般资料

两组患者年龄之间差异有统计学意义(*P*<0.05);但性别、既往史、病因、APACHE II 评分等之间,差异均无统计学意义(*P*>0.05)。见表 1。

表 1 两组患者一般资料比较

一般资料	N-AGFI 组(89 例)	AGFI 组(47 例)	<i>t</i> / χ^2	例(%), $\bar{X} \pm S$
年龄/岁	39.26±9.37	42.79±10.75	-1.984	0.049
性别				
男	68(76.40)	35(74.47)	0.063	0.802
女	21(23.60)	12(25.53)		
既往史				
高血压	22(27.72)	12(25.53)	0.011	0.917
糖尿病	9(10.11)	7(14.89)	0.677	0.411
冠心病	13(14.61)	9(19.15)	0.468	0.494
慢性肺部疾病	7(7.87)	3(6.38)	0.001	0.976
病因				
交通事故	64(71.91)	32(68.09)		
高处坠落	16(17.98)	7(14.89)	2.022	0.568
挤压伤	4(4.49)	5(10.64)		
其他	5(5.62)	3(6.38)		
APACHE II 评分/分	8.12±3.03	9.13±3.29	-1.783	0.077

2.2 两组患者实验室检查情况

AGFI 组患者的 PCT、I-FABP、D-乳酸、 α -GST 均高于 N-AGFI 组,而瓜氨酸则低于 N-AGFI 组,差异均有统计学意义($P < 0.05$);其余指标均无统计学差异($P > 0.05$)。见表 2。

2.3 多发伤并发 AGFI 的多因素 logistic 分析

将表 1、表 2 中存在统计学差异的指标,包括年龄(< 40 岁赋值 0, ≥ 40 岁赋值 1)、PCT、瓜氨酸、I-FABP、D-乳酸、 α -GST 共 6 项纳入 logistic 回归,将未并发 AGFI 赋值 0、并发 AGFI 赋值 1,进而分析上述指标与多发伤并发 AGFI 的关系。分析得出,I-FABP、D-乳酸、 α -GST 等 3 项均为多发伤并

发 AGFI 的独立危险性因素($P < 0.05$),而瓜氨酸为保护性因素($P < 0.05$)。见表 3。

2.4 ROC 曲线分析各指标预测多发伤并发 AGFI 的价值

绘制 ROC 曲线,分析表 3 中与多发伤并发 AGFI 有关的瓜氨酸、I-FABP、D-乳酸、 α -GST 的预测效能,发现均可用于预测多发伤并发 AGFI,其中 D-乳酸的 AUC 为 0.919,显著高于瓜氨酸、I-FABP、 α -GST($P < 0.05$);而联合上述 4 项指标进行联合检测的 AUC 为 0.960,敏感度为 87.23%、特异度为 93.26%,显著高于单一指标的预测效能($P < 0.05$)。见表 4、图 1。

表 2 两组患者实验室检查指标比较

指标	N-AGFI 组(89 例)	AGFI 组(47 例)	t	P
WBC/ $(\times 10^9 \cdot L^{-1})$	10.12 \pm 2.74	10.76 \pm 3.03	-1.236	0.219
PLT/ $(\times 10^9 \cdot L^{-1})$	164.40 \pm 35.95	151.62 \pm 41.48	1.869	0.064
Hb/ $(g \cdot L^{-1})$	96.82 \pm 16.08	95.11 \pm 18.62	0.559	0.577
谷草转氨酶/ $(U \cdot L^{-1})$	60.34 \pm 9.91	62.47 \pm 10.27	-1.178	0.241
谷丙转氨酶/ $(U \cdot L^{-1})$	69.30 \pm 13.76	69.11 \pm 15.58	0.076	0.940
白蛋白/ $(g \cdot L^{-1})$	38.79 \pm 5.89	36.79 \pm 5.96	1.872	0.063
前蛋白/ $(mg \cdot L^{-1})$	316.11 \pm 51.34	299.81 \pm 51.52	1.759	0.081
随机血糖/ $(mmol \cdot L^{-1})$	8.10 \pm 1.87	7.94 \pm 1.60	0.501	0.617
TC/ $(mmol \cdot L^{-1})$	5.42 \pm 0.85	5.37 \pm 1.05	0.296	0.767
LDL-C/ $(mmol \cdot L^{-1})$	3.18 \pm 0.77	3.11 \pm 0.84	0.486	0.628
血肌酐/ $(\mu mol \cdot L^{-1})$	122.08 \pm 20.39	130.36 \pm 26.07	-1.880	0.062
血尿酸/ $(\mu mol \cdot L^{-1})$	286.36 \pm 67.93	285.49 \pm 67.11	0.071	0.943
CPR/ $(mg \cdot L^{-1})$	18.42 \pm 6.36	20.54 \pm 6.08	-1.873	0.063
PCT/ $(ng \cdot mL^{-1})$	2.05 \pm 0.70	2.31 \pm 0.76	-1.991	0.049
D-二聚体/ $(\mu g \cdot mL^{-1})$	14.58 \pm 5.55	16.23 \pm 5.58	-1.642	0.103
APTT 时间/s	34.40 \pm 5.28	35.77 \pm 4.10	-1.550	0.123
瓜氨酸/ $(\mu mol \cdot L^{-1})$	18.93 \pm 4.02	16.26 \pm 4.26	3.614	<0.001
I-FABP/ $(\mu g \cdot L^{-1})$	1.56 \pm 0.46	1.97 \pm 0.48	-4.820	<0.001
D-乳酸/ $(mg \cdot L^{-1})$	2.66 \pm 0.56	4.14 \pm 0.88	-9.121	<0.001
α -GST/ $(U \cdot L^{-1})$	14.97 \pm 4.91	20.35 \pm 6.23	-5.528	<0.001

表 3 多发伤并发 AGFI 的多因素 logistic 分析

因素	β	SE	Wals χ^2	P	Exp(B)	95%CI
年龄	-0.862	0.709	1.478	0.224	0.422	0.105~1.695
PCT	0.133	0.438	0.093	0.761	1.143	0.484~2.697
瓜氨酸	-0.153	0.074	4.247	0.039	0.858	0.742~0.993
I-FABP	1.529	0.718	4.536	0.033	4.613	1.130~18.836
D-乳酸	3.123	0.675	21.427	<0.001	22.718	6.054~85.247
α -GST	0.179	0.066	7.283	0.007	1.196	1.050~1.361
常量	-13.734	3.256	17.787	<0.001	0.000	

注:Hosmer-Lemeshow 检验, $\chi^2 = 3.622, P = 0.890$;模型检验, $\chi^2 = 112.734, P < 0.001$ 。

表 4 各指标预测多发伤并发 AGFI 的效能分析

指标	AUC	SE	P	95% CI	Cut off	敏感度/%	特异度/%
瓜氨酸	0.696	0.049	<0.001	0.601~0.792	16.75	61.70	74.16
I-FABP	0.734	0.045	<0.001	0.645~0.824	1.78	68.09	70.79
D-乳酸	0.919 ¹⁾²⁾	0.028	<0.001	0.864~0.975	3.34	85.11	91.01
α -GST	0.748 ³⁾	0.044	<0.001	0.661~0.835	16.91	74.47	67.42
联合检测	0.960 ¹⁾²⁾³⁾⁴⁾	0.015	<0.001	0.932~0.989	0.4075	87.23	93.26

与瓜氨酸比较,¹⁾ $P < 0.05$;与 I-FABP 比较,²⁾ $P < 0.05$;与 D-乳酸比较,³⁾ $P < 0.05$;与 α -GST 比较,⁴⁾ $P < 0.05$ 。

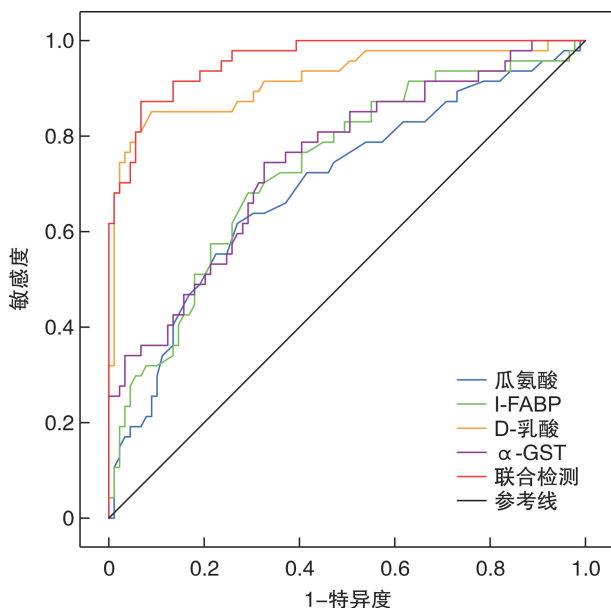


图 1 各指标预测多发伤并发 AGFI 的 ROC 曲线

3 讨论

多发伤极易诱发剧烈的免疫应答,导致免疫炎症功能失衡,且常伴发凝血功能障碍、微循环障碍以及再灌注损伤,导致胃肠功能和黏膜屏障受损,发生 AGFI^[3,8-9]。AGFI 发生时,可并发菌群移位以及内毒素血症,进一步加重全身炎症反应平衡失控,甚至导致脓毒症、休克并进一步促进多器官功能衰竭的发生^[4,10]。既往研究证实,多发伤患者一旦合并 AGFI 将加剧病情^[11]。因此,早期识别多发伤并发 AGFI 并积极干预发病因素,对提高治疗效果、降低病死率极为重要。

瓜氨酸作为非蛋白质氨基酸,由 Maric 等^[12]科学家通过对短肠综合征患者的研究进而证实存在于人体。瓜氨酸由肠上皮细胞线粒体以谷氨酰胺为底物合成,当胃肠道功能发生急性损伤时,肠上皮细胞线粒体功能障碍、合成底物缺乏、谷氨酰胺水解酶活性下降,导致血清中瓜氨酸水平下降^[13]。Kao 等^[14]发现,脓毒症患者的瓜氨酸合成减少,导致血清瓜氨酸水平降低,甚至由瓜氨酸所转化生成的精氨酸水平也伴随下降。Padar 等^[15]发现,ICU 重症患者的瓜氨酸水平下降,而早期肠内营养或经口进食可能使瓜氨酸水平提升,因此可

用于反映早期肠内营养或经口进食是否有效。Teng 等^[16]则发现,重症患者发生胃肠功能衰竭时,其血清瓜氨酸水平显著低于仅并发胃肠功能紊乱患者;血清瓜氨酸与患者的 APACHE II、SOFA 评分具有相关性,并且是胃肠功能紊乱或胃肠功能衰竭的影响因素。以上均提示,血清瓜氨酸水平可能用于反映危重患者的肠道损伤情况以及胃肠功能恢复情况。本研究发现,AGFI 组的血清瓜氨酸水平显著低于 N-AGFI 组,且瓜氨酸水平与多发伤并发 AGFI 相关。Costa 等^[17]研究发现,严重创伤患者入院时的血清瓜氨酸水平是住院病死率的预测因素(敏感度为 65.2%,特异度为 92.3%),进一步提示肠功能障碍与严重创伤患者的预后有关,提醒我们可围绕血清瓜氨酸水平对多发伤患者预后情况的预测价值做进一步深入研究。

I-FABP 是一种小分子胞质蛋白,存在于成熟的肠细胞中。当肠功能正常时,血清 I-FABP 含量极低;当再灌注、缺血缺氧或炎症等原因导致肠细胞膜完整性受损时,血清 I-FABP 含量迅速升高^[18]。研究显示,血清 I-FABP 水平可有效预测急腹症急性肠缺血^[19-20];还可用于早期诊断绞窄性肠梗阻,以便早期区分绞窄性肠梗阻和非绞窄性肠梗阻^[21]。既往研究显示,I-FABP 对肠黏膜损伤的预测性极佳,并且与 AGFI 的严重程度有关,可以作为胃肠道功能损伤诊断及预后疗效的评价方法^[22]。Voth 等^[23]发现,I-FABP 还可用于预测腹部损伤,另外因其可反映肠道灌注情况,因此可用于预测失血性休克。Piton 等^[24]在其研究中建议,可利用 I-FABP 辅助识别肠黏膜损伤所致的菌群移位和全身炎症反应综合征。本研究显示,AGFI 组患者血清 I-FABP 水平显著高于 N-AGFI 组,与上述研究结果一致。另外,AGFI 组患者血清 I-FABP 水平升高,是否也可用以提示患者存在肠道缺血或者由 AGFI 所致菌群移位等,也有深入研究的价值。

D-乳酸由肠道内细菌所产生,生理状态下血清浓度低,但肠黏膜受损后,其可通过肠黏膜屏障进入血液循环^[25]。Nielsen 等^[26]发现,腹腔高压时 D-乳酸升高,可用于提示腹腔间室综合征并发的肠道缺血。Sun 等^[27]分别构建了肠系膜上动脉缺血

再灌注模型、严重烧伤模型、重症急性胰腺炎模型,在上述模型中均发现血清 D-乳酸水平显著升高,且与内毒素水平呈正相关,证实 D-乳酸可用于评估肠道损伤、监测早期严重损伤后肠道通透性以及内毒素血症。另外,在严重创伤中,D-乳酸也可用于评估胃肠道损伤^[28]。本研究发现,AGFI 组患者血清 D-乳酸水平显著高于 N-AGFI 组,一方面提示患者胃肠功能损伤、肠道黏膜屏障功能受损,另一方面也提示此类患者肠道菌群移位所致内毒素血症的可能性高于 N-AGFI 组。Teng 等^[16]发现,血清瓜氨酸与 D-乳酸联合可有效预测胃肠功能紊乱或衰竭。Shi 等^[29]通过对 272 例急腹症患者的研究发现,I-FABP 与 D-乳酸水平可用于提高对危重急腹症患者肠缺血的诊断。张玮等^[30]则发现,I-FABP 与 D-乳酸水平结合 GIDF 评分更有助于判断危重症患者肠黏膜功能损害,并可用于评估病情严重程度及预后。然而,Li 等^[31]发现,D-乳酸对危重患者肠黏膜屏障功能以及 AGFI 严重程度的诊断价值优于 I-FABP。我们研究也发现,D-乳酸预测多发伤并发 AGFI 的 AUC 为 0.919,显著优于 I-FABP(AUC=0.734),与上述结论一致。

α -GST 作为一种解毒酶,在体内各组织细胞内广泛存在,尤其在肠黏膜和肝脏细胞中具有较高的活性^[18]。Treskes 等^[32]研究发现, α -GST 在急性肠缺血患者中升高,其诊断急性肠黏膜缺血的敏感度为 67.8%而特异度为 84.2%。然而, α -GST 在多发伤中的研究仍相对较少。本研究发现,多发伤并发 AGFI 组患者的血清 α -GST 水平显著高于未并发 AGFI 的患者。然而,由于肝脏细胞中也富含 α -GST,因此多发伤并发 AGFI 患者血清 α -GST 水平升高是否可能与肝损伤有关,需进一步验证,而通过 logistics 回归分析则证实 α -GST 是多发伤并发 AGFI 的危险因素。因此,有必要联合包括 α -GST 在内的多项指标对多发伤并发 AGFI 的预测价值进行研究。

Treskes 等^[32]研究发现,瓜氨酸、I-FABP、 α -GST 可提高急性肠黏膜缺血的诊断准确性。Kong 等^[33]研究发现,瓜氨酸、I-FABP、D-乳酸联合预测可以提高腹部大手术患者术后肠黏膜屏障功能障碍的诊断效能,且其敏感度、特异度分别可达 100%、74%,且与瓜氨酸、I-FABP、D-乳酸、 α -GST、DAO(二胺氧化酶)联合检测的诊断效能无差异。然而,我们通过对 136 例多发伤患者的回顾性分析却发现,瓜氨酸、I-FABP、D-乳酸、 α -GST 联合检测用于预测多发伤并发 AGFI 的诊断效能高于单独采用任一指标进行预测。

综上所述,瓜氨酸、I-FABP、D-乳酸、 α -GST 对多发伤并发 AGFI 患者具有较好的预测价值,四项指标联合预测的效果更佳,值得临床推广。另外,

由于休克本身即可导致 AGFI 甚至 MODS^[34-35],而且多发伤患者如合并休克也是 AGFI 的独立危险因素^[36],因此如果纳入休克则可能影响对“单纯”多发伤并发 AGFI 的危险因素及预测指标的研究,所以,本研究排除了休克患者,同理也排除了重度失血性贫血的患者。然而,在后续工作中,我们将对多发伤合并休克或非休克患者的胃肠功能以及相关指标进行进一步研究,以深入判断休克在多发伤患者 AGFI 中的作用以及相关指标在多发伤合并休克患者 AGFI 中的意义。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突。

参考文献

- [1] Relja B, Yang B, Bundkirchen K, et al. Different experimental multiple trauma models induce comparable inflammation and organ injury[J]. *Sci Rep*, 2020, 10(1):20185.
- [2] Liu H, Xiao X, Sun C, et al. Systemic inflammation and multiple organ injury in traumatic hemorrhagic shock[J]. *Front Biosci (Landmark Ed)*, 2015, 20(6):927-933.
- [3] 陈福进,姚莉,赵晶晶.多发伤后急性胃肠损伤预测模型建立和评价[J]. *中国急救医学*, 2021, 41(11):972-976.
- [4] 高亚萍,苗云凤,刘媛.严重多发伤患者伤后肠道细菌移位与患者发生感染的关系[J]. *医学临床研究*, 2020, 37(3):450-452.
- [5] 中华医学会创伤学分会创伤急救与多发伤学组.多发伤病历与诊断:专家共识意见(2013版)[J]. *创伤外科杂志*, 2014, 16(2):192, 封3.
- [6] Reintam Blaser A, Malbrain ML, Starkopf J, et al. Gastrointestinal function in intensive care patients: terminology, definitions and management. Recommendations of the ESICM Working Group on Abdominal Problems[J]. *Intensive Care Med*, 2012, 38(3):384-94.
- [7] Palmer CS, Cameron PA, Gabbe BJ. Comparison of revised Functional Capacity Index scores with Abbreviated Injury Scale 2008 scores in predicting 12-month severe trauma outcomes[J]. *Inj Prev*, 2020, 26(2):138-146.
- [8] 缪舜,彭国宏,韩萍.多发伤并发多器官功能障碍综合征的临床特点及危险因素[J]. *中国急救复苏与灾害医学杂志*, 2021, 16(3):286-288, 307.
- [9] 郭常敏,宋睿,黄强,等.急性创伤性出血和凝血障碍的诊断和治疗[J]. *临床急诊杂志*, 2021, 22(7):508-512.
- [10] 刘刚,王波,唐小莹,等.严重多发伤家兔早期急性胃肠功能损伤分级与肠道微环境改变的相关性研究[J]. *中华创伤杂志*, 2017, 33(10):929-937.
- [11] 张聪,邓海,李镇文,等.严重多发伤后免疫紊乱与急性胃肠功能损伤间的关系[J]. *中华急诊医学杂志*, 2021, 30(5):537-541.
- [12] Maric S, Restin T, Muff JL, et al. Citrulline, Biomark-

- er of Enterocyte Functional Mass and Dietary Supplement. Metabolism, Transport, and Current Evidence for Clinical Use[J]. *Nutrients*, 2021, 13(8):2794.
- [13] Gonzalez AM, Trexler ET. Effects of Citrulline Supplementation on Exercise Performance in Humans: A Review of the Current Literature[J]. *J Strength Cond Res*, 2020, 34(5):1480-1495.
- [14] Kao CC, Bandi V, Guntupalli KK, et al. Arginine, citrulline and nitric oxide metabolism in sepsis[J]. *Clin Sci(Lond)*, 2009, 117(1):23-30.
- [15] Padar M, Starkopf J, Starkopf L, et al. Enteral nutrition and dynamics of citrulline and intestinal fatty acid-binding protein in adult ICU patients[J]. *Clin Nutr ESPEN*, 2021, 45:322-332.
- [16] Teng J, Xiang L, Long H, et al. The Serum Citrulline and D-Lactate are Associated with Gastrointestinal Dysfunction and Failure in Critically Ill Patients[J]. *Int J Gen Med*, 2021, 14:4125-4134.
- [17] Costa BP, Martins P, Verissimo C, et al. Intestinal dysfunction in the critical trauma patients-An early and frequent event[J]. *Nutr Hosp*, 2017, 34(2):284-289.
- [18] Derikx JP, Schellekens DH, Acosta S. Serological markers for human intestinal ischemia: A systematic review[J]. *Best Pract Res Clin Gastroenterol*, 2017, 31(1):69-74.
- [19] Sun DL, Cen YY, Li SM, et al. Accuracy of the serum intestinal fatty-acid-binding protein for diagnosis of acute intestinal ischemia: a meta-analysis[J]. *Sci Rep*, 2016, 6:34371.
- [20] Zenger S, Demir Piroglu I, Çevik A, et al. The importance of serum intestinal fatty acid-binding protein for the early diagnosis of acute mesenteric ischemia[J]. *Ulus Travma Acil Cerrahi Derg*, 2021, 27(3):278-283.
- [21] Wu C, Zhu X, Ren H, et al. Intestinal fatty acid-binding protein as a biomarker for the diagnosis of strangulated intestinal obstruction: A meta-analysis[J]. *Open Med(Wars)*, 2021, 16(1):264-273.
- [22] Blaser A, Padar M, Tang J, et al. Citrulline and intestinal fatty acid-binding protein as biomarkers for gastrointestinal dysfunction in the critically ill[J]. *Anaesthesiol Intensive Ther*, 2019, 51(3):230-239.
- [23] Voth M, Lustenberger T, Relja B, et al. Is I-FABP not only a marker for the detection abdominal injury but also of hemorrhagic shock in severely injured trauma patients? [J]. *World J Emerg Surg*, 2019, 14:49.
- [24] Piton G, Capellier G. Biomarkers of gut barrier failure in the ICU[J]. *Curr Opin Crit Care*, 2016, 22(2):152-160.
- [25] 王锐. 瓜氨酸、I-FABP、内毒素及 PCT 与严重创伤后急性胃肠损伤的相关性研究[D]. 兰州:兰州大学, 2017.
- [26] Nielsen C, Kirkegaard J, Erlandsen EJ, et al. D-lactate is a valid biomarker of intestinal ischemia induced by abdominal compartment syndrome[J]. *J Surg Res*, 2015, 194(2):400-404.
- [27] Sun XQ, Fu XB, Zhang R, et al. Relationship between plasma D(-)-lactate and intestinal damage after severe injuries in rats[J]. *World J Gastroenterol*, 2001, 7(4):555-558.
- [28] Liu L, Wen L, Gao C, et al. Effects of Non-directional Mechanical Trauma on Gastrointestinal Tract Injury in Rats[J]. *Front Physiol*, 2021, 12:649554.
- [29] Shi H, Wu B, Wan J, et al. The role of serum intestinal fatty acid binding protein levels and D-lactate levels in the diagnosis of acute intestinal ischemia[J]. *Clin Res Hepatol Gastroenterol*, 2015, 39(3):373-378.
- [30] 张玮, 褚永果, 李伟, 等. 肠型脂肪酸结合蛋白和 D-乳酸在危重症肠黏膜屏障功能的临床研究[J]. *临床急诊杂志*, 2018, 19(1):6-12.
- [31] Li H, Chen Y, Huo F, et al. Association between acute gastrointestinal injury and biomarkers of intestinal barrier function in critically ill patients[J]. *BMC Gastroenterol*, 2017, 17(1):45.
- [32] Treskes N, Persoon AM, van Zanten ARH. Diagnostic accuracy of novel serological biomarkers to detect acute mesenteric ischemia: a systematic review and meta-analysis[J]. *Intern Emerg Med*, 2017, 12(6):821-836.
- [33] Kong C, Li SM, Yang H, et al. Screening and combining serum biomarkers to improve their diagnostic performance in the detection of intestinal barrier dysfunction in patients after major abdominal surgery[J]. *Ann Transl Med*, 2019, 7(16):388.
- [34] 王艳, 王建荣, 唐晟, 等. 危重患者急性胃肠损伤现状及影响因素的调查研究[J]. *国际消化病杂志*, 2017, 37(1):54-58.
- [35] 潘春熹, 陈万, 吕立文, 等. 老年脓毒性休克患者急性胃肠道损伤超声表现及相关性研究[J]. *临床急诊杂志*, 2020, 21(4):261-266.
- [36] 武娟, 孙雪莲, 李力卓. 急诊多发伤患者急性胃肠功能损伤的影响因素及相关防治措施[J]. *临床急诊杂志*, 2021, 22(12):814-819.

(收稿日期:2022-03-23)