

• 研究荟萃 •

基于决策树的急性创伤性脑损伤患者
早期死亡风险分诊模型的构建及验证陈天喜¹,姜岱山²,沈艳²,王伶俐¹,孙宏¹,张佳佳¹

(1.南通大学附属医院 护理部,江苏 南通 226001;2.南通大学附属医院 急诊医学科)

【摘要】目的 构建并验证基于决策树的急性创伤性脑损伤(trumatic brain injury,TBI)患者早期死亡风险分诊模型,为急诊分诊提供准确、直观的新工具。方法 回顾性收集某院急性 TBI 患者 2287 例的临床数据,构建早期死亡风险的分诊模型,采用十字交叉验证,并与改良早期预警评分(modified early warning score,MEWS)、修正创伤评分(revised trauma score,RTS)、改良快速急诊医学评分(the modified rapid emergency medicine score,mREMS)及损伤机制格拉斯哥年龄血压评分(mechanism,Glasgow coma scale,age and arterial pressure score,MGAP)比较预测效能。结果 2287 例急性 TBI 患者中,24 h 内发生死亡者 166 例。决策树共 3 层,15 个节点,筛选出 6 个解释变量,分别是瞳孔反应性、RTS、MGAP、MEWS、血氧饱和度及收缩压。决策树模型的受试者工作特征曲线下面积为 0.917,高于 MEWS、RTS、MGAP 评分和 mREMS,差异均有统计学意义(均 $P < 0.05$)。结论 基于决策树构建的急性 TBI 患者早期死亡风险分诊模型能准确预测急性 TBI 患者 24 h 内死亡风险,可作为医护人员分诊的决策依据。

【关键词】急性创伤性脑损伤;预后;死亡率;格拉斯哥昏迷评分;决策树

doi:10.3969/j.issn.2097-1826.2023.10.009

【中图分类号】R472.2 【文献标识码】A 【文章编号】2097-1826(2023)10-0034-05

A Triage Model of Early Death Risk Prediction in Acute Traumatic Brain Injury Patients Based on the Decision Tree: Construction and Validation

CHEN Tianxi¹, JIANG Daishan², SHEN Yan², WANG Lingli¹, SUN Hong¹, ZHANG Jiajia¹ (1.Nursing Department,Affiliated Hospital of Nantong University,Nantong 226001,Jiangsu Province,China;2.Department of Emergency,Affiliated Hospital of Nantong University)

Corresponding author: JIANG Daishan,Tel:0513-85052039

【Abstract】Objective To construct and validate a triage model of early death risk prediction in acute traumatic brain injury (TBI) patients based on the decision tree,and to provide a novel,accurate,intuitive tool for emergency triage.Methods The clinical data of 2,287 acute TBI patients in a hospital were retrospectively collected,and a triage model for early death risk prediction was constructed.Cross validation was used for validation.The prediction efficiency of this model was compared with that of modified early warning score (MEWS),revised trauma score (RTS),the modified rapid emergency medicine score (mREMS) and Mechanism,Glasgow coma scale,age and arterial pressure scores (MGAP).Results There were 166 subjects died within 24 hours among the 2287 acute TBI patients.The decision tree had 3 layers and 15 nodes,with 6 explanatory variables,namely,pupillary reactivity,RTS,MGAP,MEWS,oxygen saturation of blood and systolic pressure.The area under the receiver operating characteristic curve of the triage model was 0.917,which was higher than that of MEWS,RTS,MGAP and mREMS (all $P < 0.05$).Conclusion The triage model of early death risk prediction in acute TBI patients based on the decision tree can accurately predict acute TBI patients' death risk within 24 hours which can serve as a decision basis for medical staff triaging.It can provide reference for medical staff's triage.

【Key words】acute traumatic brain injury;prognosis;mortality;Glasgow coma scale;decision tree

[Mil Nurs,2023,40(10):34-38]

【收稿日期】2023-02-10 【修回日期】2023-08-18

【基金项目】南通市卫健委指令性课题面上项目(MS2022010)

【作者简介】陈天喜,硕士,副主任护师,电话:0513-85052110

【通信作者】姜岱山,电话:0513-85052039

急性创伤性脑损伤(trumatic brain injury,TBI)是导致患者死亡和致残的最常见原因。有研究^[1]表明,重度急性 TBI 患者死亡率为 29% ~ 55%。近年来,急性 TBI 相关的急诊科就诊率不断

增加^[2]。而急性 TBI 预后与救治时间密切相关,快速而准确的分诊是创伤救治系统高效运转的前提,可影响患者的生存、总体功能结局^[3]。创伤患者的分诊是指快速而准确地评估患者,确定其损伤程度和所需医疗的恰当水平,其目标是将严重创伤患者全部转运至可提供恰当治疗的创伤中心抢救室。最常用的工具包括修正创伤评分(revised trauma score, RTS)^[4]、损伤机制格拉斯哥年龄血压评分(mechanism, Glasgow coma scale, age and arterial pressure score, MGAP)^[5]、改良快速急诊医学评分(the modified rapid emergency medicine score, mREMS)^[6]及改良早期预警评分(modified early warning score, MEWS)^[7]。既往研究并未明确最适合急性 TBI 患者早期死亡(发病 24 h 以内)风险预测的特异性创伤分诊评分模型。理想的院前用于创伤的分诊工具应简单易用,测量一致性较好,且能准确区分伤情严重程度。为此,本研究拟采用决策树算法研究急性 TBI 患者早期死亡风险的分诊预测模型,旨在为急诊科医护人员提供准确、直观的早期分诊工具。

1 对象与方法

1.1 研究对象 回顾性分析 2020 年 1 月至 2021 年 12 月某院急诊室救治的急性 TBI 患者 2287 例的临床数据。纳入标准:(1)急性颅脑创伤;(2)患者年龄>18 周岁;排除标准:(1)非单纯颅脑创伤,合并其他部位的严重创伤;(2)资料无法收集齐全的患者;(3)入室时患者死亡。本研究获本院医学伦理委员会批准(2021-K084-01)。

1.2 资料的收集 通过急诊麦迪斯顿系统分诊数据库,回顾性收集急性 TBI 患者在入急诊室时的生命体征及一般资料情况,主要包括性别、年龄、心率、收缩压、呼吸频率、血氧饱和度、格拉斯哥昏迷评分(Glasgow coma scale, GCS)、损伤机制、双瞳反应性等,并计算其评分。(1)RTS:该评分是 Champion 等^[4]对创伤评分进行修正后得来,包含 GCS、收缩压和呼吸频率 3 个变量。对上述变量分别评分并加权相加为 RTS 值。 $RTS = 0.9368 \times GCS + 0.7326 \times \text{收缩压} + 0.2908 \times \text{呼吸频率}$ 。RTS 范围 0~7.84 分,>4 分为轻伤,0~4 分为重度伤,分值越低预后越差。(2)MGAP:该评分是 Sartorius 等^[5]通过多中心前瞻性观察研究构建的院前创伤分诊工具,包含损伤类型(钝挫伤或穿透伤)、GCS、年龄和动脉压 4 个变量。MGAP 评分赋分方法为钝挫伤计 4 分、穿透伤计 0 分;GCS 3~15 分(按实际值评分);患者年龄<60 岁计 5 分、≥60 岁计 0 分;患者的收缩压>120 mmHg (1 mmHg = 0.133 kPa)计 5 分、

60~119 mmHg 计 3 分、<60 mmHg 计 0 分。MGAP 总分 3~29 分,3~17 分为高危,18~22 分为中危,23~29 分为低危。(3)mREMS:该评分是 Miller 等^[6]对 REMS 的改良版本,包含患者年龄、收缩压、心率、呼吸频率、GCS 及氧饱和度 6 个变量。mREMS 的计算方法为年龄、收缩压、心率、呼吸频率、氧饱和度评分范围均为 0~4 分,mREMS 总分最高 26 分,0~13 分为轻伤,13 分提示高风险。(4)MEWS:该评分作为基于心率、收缩压、呼吸频率、体温和意识^[7]的量化评分系统广泛应用于临床。MEWS 的 5 个变量对应评分范围为 0~3 分,MEWS 评分越高,患者的状态及预后越差。

1.3 统计学处理 采用 SPSS 26.0 统计软件,以 Shapiro-Wilk 法对数据进行正态性检验,符合正态分布的计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,组间比较采用两独立样本 t 检验;非正态分布的计量资料以 $M(Q_1, Q_3)$ 表示,组间比较采用 Mann-Whitney U 检验。计数资料以例数和百分率表示,组间比较采用 χ^2 检验或 Fisher 确切概率法检验,所有检验为双侧,以 $P < 0.05$ 或 $P < 0.01$ 表示差异有统计学意义。应用分类树 Exhaustive CHAID 模型方法构建模型,进行增益图、交叉验证法验证分析,决策树模型与 RTS、MEWS、mREMS 以及 MGAP 评分预测急性 TBI 患者 24 h 内死亡风险的受试者特征曲线(receiver operating characteristic, ROC)下的面积(area under curve, AUC)进行比较,各 AUC 之间的比较采用 Delong 检验。

2 结果

2.1 急性 TBI 患者的一般资料 共纳入急性 TBI 患者 2287 例,年龄 18~100 岁,平均(60.18±15.67)岁;男 1479 例、女 808 例;心率为 30~160 次/分,平均(83.21±18.09)次/分;呼吸为 5~45 次/分,平均(19.15±4.26)次/分;收缩压为 36~254 mmHg (1 mmHg = 0.133 kPa),平均(142.77±29.56)mmHg;血氧饱和度为 10%~100%,平均(95.88±5.63)%;GCS 为 3~15 分,平均(12.26±4.29)分;RTS 为 1.31~7.84 分,平均(7.08±1.30)分;MGAP 为 7~29 分,平均(23.08±5.09)分;mREMS 为 0~24 分,平均(4.60±3.55)分;MEWS 为 0~11 分,平均(2.28±1.72)分。

本研究依据急性 TBI 患者是否发生 24 h 内死亡分为生存组($n = 2121$)和死亡组($n = 166$),两组患者在年龄、性别、心率、呼吸频率、收缩压、血氧饱和度、瞳孔反应性、GCS、RTS、MREMS、MEWS 以及 MGAP 等项目上的差异均有统计学意义(均 $P < 0.05$),详细情况见表 1。

表 1 急性 TBI 患者一般资料

项 目	生存组 (n=2121)	死亡组 (n=166)	χ^2/t	P
心率($f/\text{次} \cdot \text{min}^{-1}, \bar{x} \pm s$)	82.80 $\pm$ 17.130	88.51 $\pm$ 27.09	107.515	0.001
呼吸($f/\text{次} \cdot \text{min}^{-1}, \bar{x} \pm s$)	19.19 $\pm$ 4.04	18.59 $\pm$ 6.47	67.515	0.001
氧饱和度[n(%)]			132.483	0.001
<90%	255(12.02)	74(44.58)		
$\geq$ 90%	1866(87.98)	92(55.42)		
性别[n(%)]			4.548	0.033
男	1359(64.07)	120(72.29)		
女	762(35.93)	46(27.71)		
年龄[岁, n(%)]			7.333	0.026
18~44	330(15.56)	16(9.64)		
45~64	895(42.20)	64(38.55)		
65	896(42.24)	86(51.81)		
收缩压[P/mmHg, n(%)]			187.061	0.001
<90	29(1.37)	31(18.67)		
90~119	390(18.39)	23(13.86)		
120~139	594(28.01)	25(15.06)		
$\geq$ 140	1108(52.23)	87(52.41)		
损伤类型[n(%)]			—	0.270
穿透伤	12(0.57)	2(1.2)		
钝挫伤	2109(99.43)	164(98.8)		
GCS[分, n(%)]			349.636	0.001
3~8	387(18.24)	135(81.33)		
9~12	183(8.63)	8(4.82)		
13~15	1551(73.13)	23(13.86)		
MGAP[分, n(%)]			375.070	0.001
3~17	294(13.86)	120(72.29)		
18~22	333(15.70)	29(17.47)		
23~29	1494(70.44)	17(10.24)		
RTS[分, n(%)]			437.309	0.001
<4	116(5.47)	89(53.61)		
4~7.84	2005(94.53)	77(46.39)		
MREMS[分, n(%)]			296.643	0.001
0~13	2104(99.20)	130(78.31)		
>13	17(0.80)	36(21.69)		
MEWS[分, n(%)]			483.933	0.001
0~1	975(45.97)	10(6.02)		
2~3	802(37.81)	25(15.06)		
4~5	280(13.2)	70(42.17)		
6	64(3.02)	61(36.75)		
瞳孔反应性[n(%)]			769.908	0.001
无反应	53(2.50)	82(49.40)		
一侧反应	82(3.87)	40(24.10)		
双侧反应	1986(93.64)	44(26.50)		

注:“—”为 Fisher 确切概率法检验

2.2 急性 TBI 患者早期死亡相关危险因素 采用 CHAID 算法进行决策树分析,以急性 TBI 患者是否出现 ≤ 24 h 死亡事件为因变量,以年龄、性别、心率、呼吸频率、收缩压、氧饱和度、瞳孔反应性、GCS、RTS、MREMS、MEWS 以及 MGAP 为解释变量,最大生长深度为 3,父节点与子节点最小样本数目分别为 100 与 50,节点检验水准 $\alpha=0.05$,所构建的决策树模型共包括 3 层、15 个节点,筛选出 6 个解释变量,分别是瞳孔反应性、RTS、MEWS、MGAP、血氧饱和度以及收缩压,见图 1。分类树模型预测急性 TBI 患者早期死亡风险的准确率为 94.6%,其中瞳孔反应性是急性 TBI 患者发生早期死亡风险的重要危险因素,瞳孔双侧无反应组中 60.7%的患者进

入死亡组,高于双侧瞳孔反射正常的患者(2.2%)和一侧有反应的患者(32.8%)。

2.3 急性 TBI 患者早期死亡风险分诊树模型评价

累计增益图是从 0% 开始到 100% 结束,且良好模型的增益图应先向 100% 快速增长,最后趋于平稳。此急性 TBI 患者早期死亡风险分诊树模型符合良好模型的标准。分类树重替代估计量和交叉验证估计量分别为 0.054 和 0.058,标准误差均为 0.005,表示采用分类树模型预测急性 TBI 患者早期死亡风险的正确率为 94.6%,证明模型拟合效果良好。采用十折交叉验证模型,结果显示决策树模型较为稳定,预测效能依然较高,与建模组的结果相似。

决策树模型与 MEWS、RTS、mREMS 和 MGAP 比较,结果显示,决策树模型的 AUC 为 0.917,高于 MEWS(0.855)、RTS(0.741)、MGAP(0.846)和 mREMS(0.604);经过两两比较发现,各组 AUC 之间的差异均有统计学意义(均 $P<0.01$),具体情况见表 2。

3 讨论

3.1 急性 TBI 患者发生早期死亡风险分诊预测指标 本研究纳入了 2287 例急性 TBI 患者,其中 166 例急性 TBI 患者发生 ≤ 24 h 内死亡。单因素分析显示,生存组与死亡组患者在年龄、性别、心率、呼吸频率、收缩压、氧饱和度及 GCS 等项目上的差异均有统计学意义(均 $P<0.05$)。在以往研究中,年龄增大和收缩压下降是公认的不良预后危险因素。既往研究^[8]表明,急性 TBI 病死率随年龄增长而增加,从 15~24 岁的 15% 增加到 85 岁及以上患者的 71%。男性急性 TBI 患者总死亡率高于女性患者(22.1% vs 17.3%)^[9]。

决策树模型进一步筛选出 6 个解释变量。树的第一层变量是瞳孔反应性,不难看出,在急性 TBI 患者是否出现早期死亡这一结局中,最重要的因素(靠近根部的变量)是瞳孔反应性。国际临床试验预后与分析任务组(International Mission for Prognosis and Analysis of Clinical Trials, IMPACT)^[10]和显著头部损伤后皮质类固醇随机研究(corticosteroid randomisation after significant head injury CRASH)^[11]的急性 TBI 死亡预测模型均包含的核心临床变量是瞳孔反应性,而在本研究结果亦显示瞳孔双侧无反应组中 60.7% 的急性 TBI 患者进入死亡组,占比最高。

进入决策树第 2 层的变量是 MEWS、血氧饱和度和收缩压。本研究 MEWS 最终进入决策树模型,提示 MEWS 可以有效预测急性 TBI 患者早期死亡

风险,这与 Kim 等^[12]研究一致。本研究显示,在双侧瞳孔无反应组中,血氧饱和度 $<90\%$ 的急性 TBI 患者进入死亡组的概率(75.4%)高于血氧饱和度 $\geq 90\%$ 的患者(50.0%)。既往研究^[13]指出,在重型急性 TBI 患者中,抢救前约有 1/3 的患者存在低

氧血症;在伤后早期,即使短暂的低氧血症也会增加死亡率。有研究^[14]提示,收缩压与急性 TBI 死亡风险呈 U 型相关,而本研究中一侧瞳孔无反射、收缩压 <90 mmHg 或 ≥ 140 mmHg 的急性 TBI 患者早期死亡风险为 46.7%,高于另外两组,也呈 U 型相关。

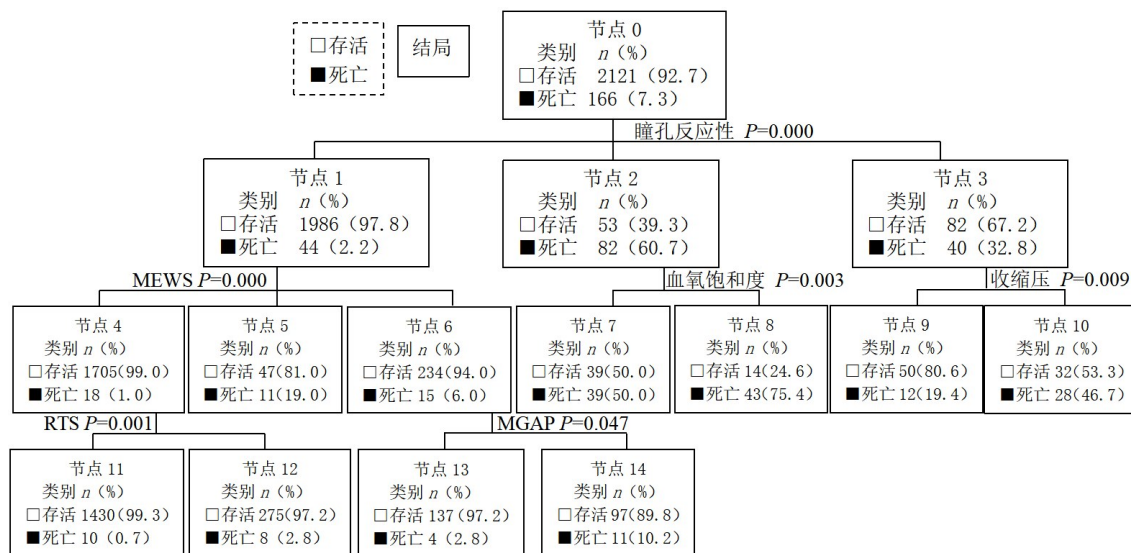


图 1 急性 TBI 患者早期死亡风险分诊树模型

表 2 决策树模型与 MGAP、RTS、mREMS 和 MEWS 预测急性 TBI 患者 24 h 内死亡风险的 AUC 比较

变量比较	AUC 的差异(95%CI)	Z	P
决策树模型与 MGAP	0.071(0.051~0.092)	6.915	<0.001
决策树模型与 RTS	0.176(0.141~0.212)	9.719	<0.001
决策树模型与 mREMS	0.313(0.277~0.348)	17.163	<0.001
决策树模型与 MEWS	0.063(0.038~0.087)	4.914	<0.001

决策树的第 3 层的变量是 RTS 和 MGAP。Najafi 等^[15]研究提示,RTS 可以用于急性 TBI 患者分诊,RTS <4 分表示有必要把患者转到一级创伤中心。有研究^[16]也表明,MGAP 可用于急性 TBI 患者早期死亡的预测。而在本研究中,MREMS 未能最终进入决策树预测模型,de Souza Barbosa 研究^[17]亦发现 mREMS 对急性 TBI 患者早期死亡预测缺乏预测效能。

3.2 决策树模型与 MEWS、RTS、MGAP 和 mREMS 的比较 本研究基于决策树构建急性 TBI 患者早期死亡风险分诊模型的 AUC 是 0.927,预测价值高于 MEWS (0.861),RTS (0.704)、MGAP (0.848)和 mREMS (0.604)单一指标。有文献^[10-11]提示,基于多中心的急性 TBI 预测模型 IMPACT 和 CRASH 在预测急性 TBI 患者早期死亡方面的性能范围为 0.85~0.90。Lee 等^[18]研究显示,包含头部的简要损伤量表(abbreviated injury scale, AIS)编

码、GCS 及年龄的单纯性创伤性脑损伤预测模型(predictor of isolated trauma in head model,PITH)对急性 TBI 患者早期死亡的预测价值为 0.970。而本研究构建的决策树的预测模型的预测价值与 IMPACT 和 CRASH 模型类似,稍低于 PITH 模型。进一步关注其特异度和敏感度,总的说来,分诊工具要最大限度地避免检伤不足,即宁可降低特异性也要增加敏感性。根据美国外科医师学会的数据,可接受分诊不足的发生率是 5%,而可接受过度分诊的发生率可高达 50%^[18]。Alqurashi 等^[19]在对急性 TBI 分诊工具的系统综述中发现,纳入研究报告的敏感性为 19.8%~87.9%,特异性为 41.4%~94.4%。本研究分诊树模型的同时敏感度为 0.943,特异度为 0.840,符合美国外科医师学会创伤分诊工具的要求。

3.3 决策树模型对预测急性 TBI 患者分诊的实用性和局限性 急性 TBI 需要一个准确的分诊工具来确定创伤早期急性 TBI 的严重程度。现有的急性 TBI 预测工具在分诊中使用有一定局限性,如 Lee 等^[18]构建的 PITH 最终模型需要 CT 评估获得头部的 AIS。IMPACT 和 CRASH 模型是基于多中心的急性 TBI 预后预测模型,上述 3 种模型都是基于 CT 等变量的急性 TBI 风险预测,在分诊预测受限。创伤和损伤严重程度量表(truma and injury se-

verity scale, TRISS)^[20]是最广泛使用的创伤评分系统之一,用于预测存活概率;而 TRISS 是基于解剖损伤,在创伤后的早期阶段很难测量,不适合在创伤区进行快速、简单的测量,也不适合在急诊室进行初步评估。决策树模型以决策树图形作为表现形式^[21],展示临床重要事件的可能发展过程与结局,使结果更为直观,可以揭示标明各种事件可能出现的概率,对最终结局赋值,提示下一步的干预重点;能显示变量间的相互作用关系,具体分析出某变量在各亚群中的作用方式。本研究仅考虑了在受伤后的可以轻松获取的预测因子,最终纳入的指标包括瞳孔反应性、RTS、MGAP、MEWS、血氧饱和度以及收缩压,从而保证了分诊指标的实用性和可行性。本研究也存在一定局限性,如本研究为单中心研究,回顾性收集 MEWS、RTS、mREMS、MGAP 以及相关临床数据,可能存在纳入因素不足;同时,回顾性研究对偏倚的控制较前瞻性研究差,有待多中心且队列研究进行验证;另外,本决策树模型纳入的 MEWS、RTS 以及 MGAP 等变量,在应用时较单个评分工具复杂,可能会增加评估时间,而更精准的预测效能可以一定程度弥补。

【参考文献】

- [1] BRAZINOVA A, REHORCIKOVA V, TAYLOR M S, et al. Epidemiology of traumatic brain injury in Europe: a living systematic review[J]. *J Neurotrauma*, 2021, 38(10): 1411-1440.
- [2] JIANG J Y, GAO G Y, FENG J F, et al. Traumatic brain injury in China[J]. *Lancet Neurol*, 2019, 18(3): 286-295.
- [3] 阮霄睿, 成佩霞, 胡国清. 2000-2019 年我国颅脑创伤的发病率与患病率趋势分析[J]. *中华神经外科杂志*, 2021, 37(12): 1223-1229.
- [4] CHAMPION H R, SACCO W J, COPES W S, et al. A revision of the trauma score[J]. *J Trauma*, 1989, 29(5): 623-629.
- [5] SARTORIUS D, LE MANACH Y, DAVID J S, et al. Mechanism, glasgow coma scale, age, and arterial pressure (MGAP): a newsimple prehospital triage score to predict mortality in trauma patients[J]. *Crit Care Med*, 2010, 38(3): 831-837.
- [6] MILLER R T, NAZIR N, MCDONALD T, et al. The modified rapid emergency medicine score: a novel trauma triage tool to predict in-hospital mortality[J]. *Injury*, 2017, 48(9): 1870-1877.
- [7] JIANG X, JIANG P, MAO Y. Performance of modified early warning score (MEWS) and circulation, respiration, abdomen, motor, and speech (CRAMS) score in trauma severity and in-hospital mortality prediction in multiple trauma patients: a comparison study[J/OL]. [2023-01-31]. <https://peerj.com/articles/7227/>. DOI: 10.7717/peerj.7227.
- [8] PAGET L M, BOUTONNET M, MOYER J D, et al. Trauma centre admissions for traumatic brain injury in France: one-year epidemiological analysis of prospectively collected data[J/OL]. [2023-01-31]. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352556821000072? via%3Dihub>. DOI: 10.1016/j. accpm. 2021.100804.
- [9] KADAR1 R, ROCHFORD D, OMI E, et al. Trends in demographics and outcome of patients presenting with traumatic brain injury[J]. *Clin Exp Emerg Med*, 2019, 6(2): 113-118.
- [10] STEYERBERG E W, MUSHKUDIANI N, PEREL P, et al. Predicting outcome after traumatic brain injury: development and international validation of prognostic scores based on admission characteristics[J/OL]. [2023-01-30]. <https://journals.plos.org/plosmedicine/article?id=10.1371/journal.pmed.0050165>. DOI: 10.1371/journal.pmed.0050165.
- [11] CRASH-3 Trial Collaborators. Effects of tranexamic acid on death, disability, vascular occlusive events and other morbidities in patients with acute traumatic brain injury (CRASH-3): a randomised, placebo-controlled trial[J]. *Lancet*, 2019, 394(10210): 1713-1723.
- [12] KIM D K, LEE D H, LEE B K, et al. Performance of modified early warning score (MEWS) for predicting in-hospital mortality in traumatic brain injury patients[J/OL]. [2023-02-10]. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8124302/>. DOI: 10.3390/jcm10091915.
- [13] 《加重继发性脑损伤危险因素防治专家共识》专家组. 颅脑创伤后加重继发性脑损伤的危险因素防治专家共识[J]. *临床神经外科杂志*, 2020, 17(3): 241-249, 253.
- [14] HUANG H K, LIU C Y, TZENG I S, et al. The association between blood pressure and in-hospital mortality in traumatic brain injury: evidence from a 10-year analysis in a single-center[J]. *Am J Emerg Med*, 2022, 58: 265-274.
- [15] NAJAFI Z, ZAKERI H, MIRHAGHI A. The accuracy of acuity scoring tools to predict 24 h mortality in traumatic brain injury patients: a guide to triage criteria[J]. *Int Emerg Nurs*, 2018, 36: 27-33.
- [16] 陈天喜, 姜岱山, 王伶俐, 等. 不同评分方法对急性创伤性脑损伤患者早期死亡风险的预测价值[J]. *中华创伤杂志*, 2022, 38(5): 407-412.
- [17] DE SOUZA BARBOSA G, DE OLIVEIRA GASPAR J, DE SOUZA NOGUEIRA L, et al. Performance of the modified rapid emergency medicine score in patients with and without traumatic brain injury[J]. *J Neurosci Nurs*, 2022, 54(3): 130-135.
- [18] LEE S H, LIM D, KIM D H, et al. Predictor of isolated trauma in head: a new simple predictor for survival of isolated traumatic brain injury[J]. *J Emerg Med*, 2018, 54(4): 427-434.
- [19] ALQURASHI N, ALOTAIBI A, BELL S, et al. The diagnostic accuracy of prehospital triage tools in identifying patients with traumatic brain injury: a systematic review[J]. *Injury*, 2022, 53(6): 2060-2068.
- [20] BOYD C R, TOLSON M A, COPES W S. Evaluating trauma care: the TRISS method. Trauma score and the injury severity score[J]. *J Trauma*, 1987, 27(4): 370-378.
- [21] 梅润, 何乾峰, 徐璐瑶, 等. 基于决策树构建急诊创伤患者低体温早期预警模型及验证[J]. *军事护理*, 2023, 40(5): 14-17.

(本文编辑: 郁晓路)