

·临床研究·

基于BP神经网络的颅脑损伤患者预后影响因素研究

邹立群,姚莉

作者单位
合肥市第二人民医院
重症医学科
合肥 230000
基金项目
合肥市卫生健康应用医学研究项目
收稿日期
2023-04-22
通讯作者
姚莉
yilim168@163.com

摘要 目的:建立BP神经网络模型,分析颅脑损伤患者预后的影响因素。方法:收集102例颅脑损伤患者的临床资料,对入院、治疗和预后的临床数据进行 χ^2 检验后,构建BP神经网络模型,分析各项指标对颅脑损伤患者预后的影响,并绘制ROC曲线。结果:格拉斯哥昏迷评分(Glasgow coma scale, GCS)、急性生理与慢性健康评分(acute physiology and Chronic Health Evaluation II, APACHE II)、脑疝形成、出血量、血糖、弥漫性轴索损伤、血乳酸等7个因素与预后相关性较高($P<0.05$)。结论:BP神经网络模型对颅脑损伤预后有良好的预测效果。

关键词 颅脑损伤;BP神经网络;预后;预测

中图分类号 R741;R651.1+5 文献标识码 A DOI 10.16780/j.cnki.sjssgncj.20230307

本文引用格式:邹立群,姚莉.基于BP神经网络的颅脑损伤患者预后影响因素研究[J].神经损伤与功能重建,2023,18(9):550-552,558.

颅脑损伤是常见的外科疾病之一,主要为外力所致头颅及颅内组织损伤,具有严重性、紧急性、伤残率高的特点,已经成为我国危害较大的疾病之一。据统计每年全世界有5 000万人患有颅脑损伤,已经成为年轻人的主要死因^[1]。近年来,重症医学科加强与多学科协作,承担了较多重症颅脑损伤患者的救治工作。

近年来,Logistic模型在颅脑损伤预后因素分析中广泛运用,但此模型要求数据指标满足独立性、正态性,而且缺乏针对性,无法全面预测个体性差异。BP神经网络(Back Propagation Neural Network)是数据挖掘技术中应用最广泛的一种,它包含输出层、输入层和隐含层。整个过程包括正向传播和反向传播,正向传播是从输入层输入信息或数据,经隐含层处理,最终传向输出层;反向传播与正向传播方向相反,是将均方误差信息从输出层向输入层传播,将误差信号沿原来的连接通路返回,通过修改各层神经元的权值,使得误差信号最小^[2]。基于这种传播方式,BP神经网络可更好地拟合非线性函数,快速有效挖掘显著影响因素。本文运用102例颅脑损伤患者的样本数据,构建BP神经网络模型,从选取的10个指标中,筛选出与颅脑损伤预后相关性较高的因素,提升了预测精准度,科学地帮助临床决策。

1 资料与方法

1.1 一般资料

回顾性纳入2018~2022年入住本院重症医学科的颅脑损伤患者102例。纳入标准:年龄 >18 岁;伤后6 h内入院;入院前行CT检查明确诊断颅脑外伤,影像学至少具备以下表现之一:硬膜下血肿、硬膜外血肿、脑内血肿。排除标准:妊娠或哺乳期女性;脑干出血及罹患恶性肿瘤;严重心、肺、肝、肾等脏器功能衰竭;入院3 d内死亡及出院。其中,

男66例(64.7%),女36例(35.3%);年龄 ≥ 60 岁53例(52%), <60 岁49例(48%)。本研究经医院伦理委员会批准。

1.2 方法

参照既往研究和临床经验^[3,4],统计所有患者的年龄、性别、入院时平均动脉压、出血量、血乳酸、血糖、急性生理与慢性健康评分(acute physiology and chronic health evaluation II, APACHE II)、格拉斯哥昏迷评分(Glasgow coma scale, GCS)、是否脑疝形成、弥漫性轴索损伤等10个指标数据。其中GCS评分中气管插管患者的语言反应评分默认1分,出血量、脑疝形成、弥漫性轴索损伤主要依靠影像学诊断。参照格拉斯哥预后评分(Glasgow outcome scale, GOS)定义,简化预后效果界定方式,分为良好、较差、死亡三个等级:良好:是指恢复良好或轻度残疾但可在帮助下正常工作生活;较差:是指严重残疾需他人照料生活或存在生命体征但反应较差;死亡。对上述指标进行分类变量赋值,见表1。根据病历随访及电话随访,获取入院30 d后的患者预后效果,良好30例(29.5%),较差23例(22.5%),死亡49例(48%)。

1.3 统计学处理

采用SPSS 25.0软件进行统计分析。首先采用 χ^2 检验进行单因素分析, $P<0.05$ 为差异有统计学意义,筛选出非相关性指标;其次,构建BP神经网络模型进行多因素分析,根据颅脑损伤患者一般资料和指标数据,对患者预后效果进行分类预测研究。

2 结果

2.1 单因素分析

年龄、平均动脉压、出血量、脑疝形成、血乳酸、血糖、GCS评分、APACHE II评分、弥漫性轴索损伤等因素有统计学意义($P<0.05$),性别因素无统计学意义($P>0.05$),见表2。

2.2 BP神经网络模型

表1 分类变量赋值及患者一般资料

因素	赋值	例数/[例(%)]
性别(男/女)	男性=0/女性=1	66(64.7)/36(35.3)
年龄	<60岁=0/≥60岁=1	49(48)/53(52)
平均动脉压	≥75 mmHg =0/ <75 mmHg =1	72(70.6)/30(29.4)
出血量	≥30 mL=0/<30 mL=1	26(25.5)/76(74.5)
脑疝形成	否=0/是=1	36(35.3)/66(64.7)
血乳酸	≥4 mmol/L=0/ <4 mmol/L=1	50(49)/52(51)
血糖	≥11.1 mmol/L=0/ <11.1 mmol/L=1	40(39.2)/62(60.8)
GCS评分	≥8分=0/<8分=1	48(47)/54(53)
APACHE II 评分	≥15分=0/<15分=1	81(79.4)/21(20.6)
弥漫性轴索损伤	否=0/是=1	87(85.3)/15(14.7)
预后	良好=0/较差=1/死亡=2	30(29.5)/ 23(22.5)/49(48)

表2 患者临床资料的单因素分析

因素		预后/例			χ^2 值	P值
		良好	较差	死亡		
性别	男	22	18	26	5.738	0.057
	女	8	5	23		
年龄	≥60岁	10	12	31	6.679	0.035
	<60岁	20	11	18		
平均动脉压	≥75	22	10	40	11.13	0.004
	<75	8	13	9		
出血量	≥30	2	5	19	10.703 ^①	0.004
	<30	28	18	30		
脑疝形成	否	20	7	9	19.315	0.000
	是	10	16	40		
血乳酸	≥4	10	8	32	10.02	0.007
	<4	20	15	17		
GCS评分	≥8	22	11	15	13.638	0.001
	<8	8	12	34		
APACHE II 评分	≥15	14	21	46	24.906 ^①	0.000
	<15	16	2	3		
弥漫性轴索损伤	否	28	20	39	22.917 ^①	0.000
	是	2	3	10		
血糖	≥11.1	6	8	26	8.777	0.012
	<11.1	24	15	23		

基于 χ^2 检验的结论,将性别因素排除,其余9个指标纳入BP神经网络模型的输入层,输入层单元数为9。隐含层数常规选择1,隐含层节点根据经验公式及凑试法选取8,激活函数为双曲正切;预后为输出层,输出层单元数为3,激活函数为恒等式,误差函数为平方和。将所有样本随机分为训练集、检验集、坚持集,训练集用于发现和学习数据潜在规律,建立模型;检验集为

模型内置验证,用于快速调参,减小泛化误差,获取最优模型;坚持集可作为外置验证,评估模型最终性能,并具有预测能力。三者样本比例设置为5:3:2,见图1。

根据BP神经网络模型,得出预后为良好、较差、死亡的预

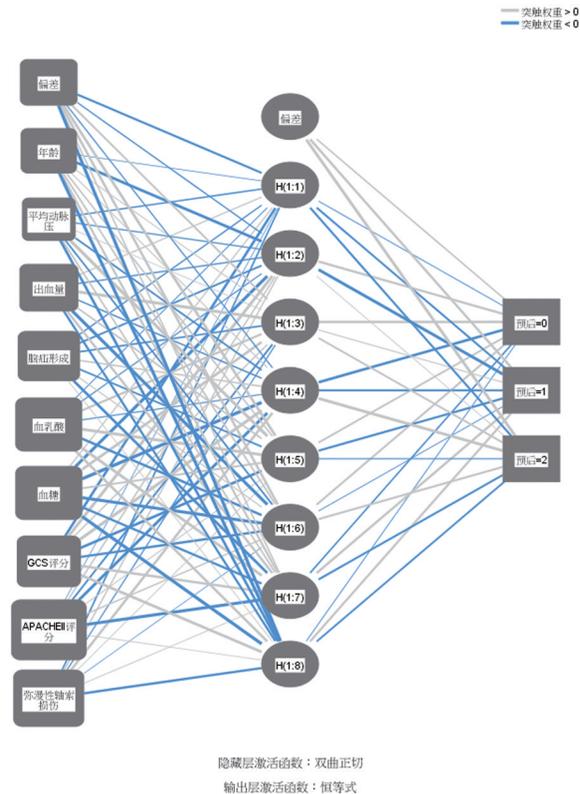


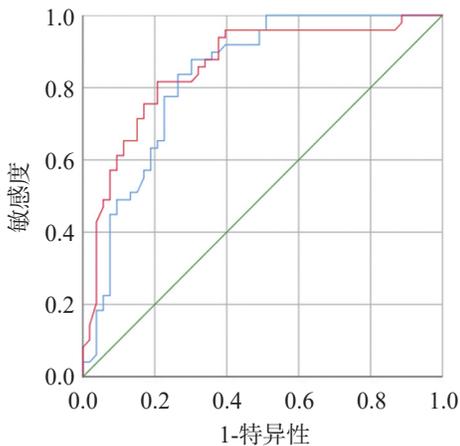
图1 BP神经网络工作示意图

测概率值,带回模型中,绘制出三者的受试者工作特征曲线(receiver operating characteristic curve, ROC),其曲线下面积(area under the curve, AUC)可作为评价模型预测效能的指标,本研究预后为良好、较差、死亡的预测概率值AUC值分别为0.805(95% CI 0.719 ~ 0.890, $P < 0.05$)、0.831(95% CI 0.751 ~ 0.911, $P < 0.05$)、0.855(95% CI 0.780 ~ 0.931, $P < 0.05$),说明模型预测能力较强。通过坐标可计算出最佳临界点,此时预测为良好的灵敏度、特异度、约登指数分别为0.816、0.792、0.608;预测为较差的灵敏度、特异度、约登指数分别为0.878、0.698、0.576;预测为死亡的灵敏度、特异度、约登指数分别为0.837、0.698、0.535,见图2、图3。根据模型结果显示,APACHE II 评分重要性100%,弥漫性轴索损伤重要性87.3%,血糖重要性76.5%,血乳酸重要性76.0%,GCS评分重要性67.8%,脑疝形成重要性62.6%,出血量重要性53.4%,年龄和平均动脉压对预后影响较小,见图4。

3 讨论

3.1 颅脑损伤患者预后模型预测效能良好

本研究预测概率为良好、较差、死亡的AUC值分别为0.805、0.831、0.855,模型预测能力较强。分析原因可能是BP神经网络对数据资料并无要求,可输入连续性变量,能充分利用资料信息,且有非线性映射能力、自我学习、容错性强的特点;另外



注:蓝色曲线代表预后的预测概率为较差,红色曲线代表预测概率为死亡

图2 预后的预测概率为较差和死亡的ROC曲线

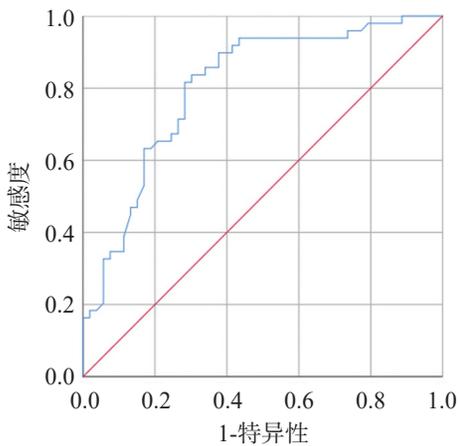


图3 预后的预测概率为良好的ROC曲线

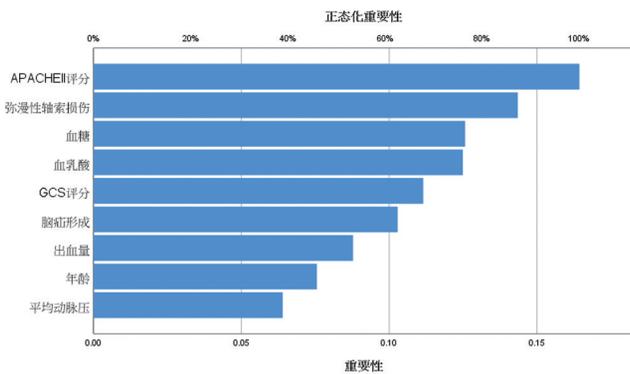


图4 各因素与颅脑损伤预后效果的相关性

在选取数据资料时,覆盖了生命体征监测、神经系统查体与评分、影像学检查、实验室检查等多个方面,进行 χ^2 检验筛选有效变量。本研究将 χ^2 检验和BP神经网络相结合,可提高模型的预测精准性和拟合效果。

3.2 颅脑损伤患者预后影响因素分析

χ^2 检验和BP神经网络模型结果显示,性别因素对于患者预后无明显影响;APACHE II评分、弥漫性轴索损伤、血糖、血乳酸、GCS评分、脑疝形成、出血量与预后密切相关,年龄和平均动脉压对预后影响较小。

APACHE II评分是重症医学常用评分之一,涵盖慢性健康

评分、急性生理学评分和年龄评分,分值越高,表示病情越重,预后效果越差。根据BP神经网络模型显示,APACHE II评分与预后相关性高达100%,这可能由于颅脑损伤导致多脏器功能不全、病理生理较复杂,常规评分只能反映单一系统或脏器功能,难以评估整体,而APACHE II评分因包含多个急慢性指标,较其他评分系统更加全面合理^[5]。

本研究显示,未形成脑疝的患者死亡率为25%,脑疝形成的患者死亡率为60%,是未形成脑疝者的2.4倍。这可能由于颅脑损伤后出现脑水肿、颅内压增高,使部分脑组织通过颅内交通孔道挤压到压力较低位置,形成脑疝。疝出的脑组织挤压周围的血管及神经等结构,造成其缺血缺氧,加重脑水肿^[6],从而引起中枢神经系统损伤,甚至死亡。因此,对于明确由颅脑损伤导致脑疝形成的患者,应尽早行颅脑手术,减轻颅高压,防止患者发生中枢功能衰竭导致死亡。

颅脑损伤患者大多产生颅内血肿,一般幕下血肿超过10 mL,幕上血肿超过20 mL,即可引起脑水肿及颅高压,出现脑血管损伤及血管痉挛,导致内皮细胞肿胀坏死,释放毒素,引起继发性损伤^[7]。另有报道血肿量超过50 mL患者死亡率明显升高。本次研究结果提示出血量大于30 mL的患者死亡率为73%,出血量小于30 mL的死亡率为39%。且神经网络模型提示出血量与预后相关性高,因此认为出血量为预后的重要影响因素。

正常情况下人体的内环境处于稳态,急性颅脑损伤打破平衡,导致机体处于应激状态。兴奋下丘脑-垂体-肾上腺皮质轴和蓝斑-交感-肾上腺髓质轴,导致交感神经兴奋、迷走神经被抑制,儿茶酚胺急剧分泌。刺激升糖激素分泌,并抑制胰岛素的分泌,从而出现应激性高血糖。并且在急性颅脑损伤时,脑组织处于缺血缺氧状态,无氧代谢可使葡萄糖转化为氢离子及乳酸,引起机体代谢性酸中毒,从而引发继发性脑损伤^[8-9]。本次研究中入院血糖值<11.1 mmol/L的患者预后良好比例较大,而死亡率较低。多因素分析提示入院血糖值正态化重要性为76.5%。故认为入院血糖值与颅脑损伤患者预后密切相关。

GCS评分是最经常应用的评估颅脑损伤的指标之一^[10],包括睁眼反应、运动反应及语言反应,GCS评分高低一定程度上能反映患者脑干、大脑皮质的损伤程度,评分越低,预后效果往往更差。从 χ^2 检验结果可以看出,GCS评分<8分的患者预后良好率较低,死亡率明显较高。因此,GCS评分可作为预测颅脑损伤患者预后和死亡的评分工具,具有良好的特异性和准确性^[11]。

乳酸是组织无氧代谢的产物之一,动态监测血乳酸是及时发现组织缺氧缺血的重要手段^[12]。颅脑损伤时脑水肿及脑缺血加重,无氧代谢使糖分不能充分利用,产生乳酸集聚;儿茶酚胺增多,作用于血管 α 受体,收缩颅内、肝脏、肾脏、皮肤等血管,造成局部缺血缺氧。神经递质释放,阻断氧化磷酸化,也可产生大量乳酸。颅脑损伤时机体可能产生严重的电解质紊乱,需要大量耗能增加细胞膜的离子泵功能,但因机体缺氧缺血,缺乏有效的有氧代谢,只能通过糖的无氧酵解获得ATP能量。并且颅脑损伤致使线粒体内膜损伤,导致丙酮酸不能进入三羧酸循环而转化成乳酸,造成乳酸堆积。所以血乳酸监测对颅脑损

觉醒上差异显著,中度与重度在性驱动和性高潮上差异显著,但性高潮满足感与失眠严重程度不一致。有学者^[11,12]对果蝇研究指出:有关性的特异性P1-DN1神经回路管理着性和睡眠的行为,P1神经元激活增加性驱动和抑制睡眠。并且确定了胆囊收缩素样肽(cholecystokinin, dsk)神经元的生理作用,dsk-2肽通过其受体 ccklr-17d3 抑制性行为,有关性神经回路中的 dsk / ccklr 信号与 p1 神经元产生拮抗作用,平衡性唤起水平和调节性行为。在性和睡眠的竞争调节过程中,随着失眠加重,性功能障碍首先表现在性觉醒功能减退,然后性驱动和性高潮功能减退,最后导致性功能各方面均衰退。结合本研究结果,在临床工作中无论是处理失眠障碍还是性功能障碍,都要有辩证思维,早期干预,除既往探讨的针灸和重复经颅磁刺激治疗手段^[13,14]外,需拟定针对性功能改善的治疗方案才能达到更佳治疗效果。

参考文献

- [1] Cho JW, Duffy JF. Sleep, sleep disorders, and sexual dysfunction[J]. World J Mens Health, 2019, 37: 261-275. DOI: 10.5534/wjmh.180045.
- [2] Brisette S, Montplaisir J, Godbout R, et al. Sexual activity and sleep in humans[J]. Biol Psychiatry, 1985, 20: 758-763. DOI: 10.1016/0006-3223(85)90155-6.
- [3] Seehuus M, Pigeon W. The sleep and sex survey: Relationships between sexual function and sleep[J]. J Psychosom Res, 2018, 112: 59-65. DOI: 10.1016/j.jpsychores.2018.07.005.
- [4] Wong ML, Lau KNT, Espie CA, et al. Psychometric properties of the sleep condition indicator and insomnia severity index in the evaluation of insomnia disorder[J]. Sleep Med, 2017, 33: 76-81. DOI: 10.1016/j.sleep.2016.05.019.
- [5] Elnazer HY, Baldwin DS. Structured review of the use of the Arizona sexual experience scale in clinical settings [J]. Hum Psychopharmacol, 2020, 31: e2730. DOI: 10.1002/hup.2730.
- [6] Halseth A, Shan K, Gilder K, et al. Quality of life, binge eating and sexual function in participants treated for obesity with sustained release naltrexone/bupropion[J]. Obes Sci Pract, 2018, 4: 141-152. DOI: 10.1002/osp4.156.
- [7] Qin F, Ye X, Wei H, et al. Sexual Experience and Stigma Among Chinese Patients With an Enterostomy: A Cross-sectional, Descriptive Study[J]. Wound Manag Prev, 2019, 65: 22-30.
- [8] McGahuey CA, Gelenberg AJ, Laukes CA, et al. The Arizona Sexual Experience Scale (ASEX): reliability and validity[J]. J Sex Marital Ther, 2000, 26: 25-40. DOI: 10.1080/009262300278623.
- [9] Laumann EO, Paik A, Rosen RC. Sexual dysfunction in the United States: prevalence and predictors[J]. JAMA, 1999, 281: 537-544. DOI: 10.1001/jama.281.6.537.
- [10] Andersen ML, Alvarenga TF, Mazarro-Costa R, et al. The association of testosterone, sleep and sexual function in men and women[J]. Brain Res, 2011, 1416: 80-104. DOI: 10.1016/j.brainres.2011.07.060.
- [11] Chen D, Sitaraman D, Chen N, et al. Genetic and neuronal mechanisms governing the sex-specific interaction between sleep and sexual behaviors in Drosophila[J]. Nat Commun, 2017, 8: 154. DOI: 10.1038/s41467-017-00087-5.
- [12] Wu S, Guo C, Zhao H, et al. Drosulfakinin signaling in fruitless circuitry antagonizes P1 neurons to regulate sexual arousal in Drosophila[J]. Nat Commun, 2019, 10: 4770. DOI: 10.1038/s41467-019-12758-6.
- [13] 姚冉, 陈明鉴, 李清. 针灸治疗失眠的研究趋势: 基于 CiteSpace 的知识图谱分析[J]. 神经损伤与功能重建, 2021, 16: 146-149. DOI: 10.16780/j.cnki.sjssgncj.20191745.
- [14] 华强, 夏文广, 郭伏玲, 等. 重复经颅磁刺激联合右佐匹克隆片治疗脑梗死后睡眠障碍的临床研究[J]. 神经损伤与功能重建, 2020, 15: 267-270. DOI: 10.16780/j.cnki.sjssgncj.20190601.

(本文编辑:王晶)

(上接第 552 页)

伤患者有重要临床意义。

弥漫性轴索损伤又称为弥漫性脑白质损伤,主要弥漫分布于脑白质、以轴索损伤为主要改变的一种原发性脑实质的损伤^[13]。由于钝性外力使颅脑产生角和旋转加速度,颅内产生剪切力,损伤小血管和神经轴索,导致认知功能异常、四肢瘫痪、甚至长期昏迷。此类患者意识恢复慢,严重的患者甚至伴有去大脑强直,导致植物状态。本研究发现,合并弥漫性轴索损伤患者与非合并者相比,死亡率较高、良好率较低,与国内研究基本一致。

综上所述,BP神经网络模型对颅脑损伤预后有良好的预测效果;APACHE II 评分、弥漫性轴索损伤、血糖、血乳酸、GCS 评分、脑疝形成、出血量等七个因素与预后密切相关,可为颅脑损伤预后研判提供重要参考依据,临床应多予重视、尽早干预,改善颅脑损伤患者预后。

参考文献

- [1] Maas AIR, Menon DK, Manley GT, et al. Traumatic brain injury: integrated approaches to improve prevention, clinical care, and research [J]. Lancet Neurology, 2017, 16: 1-62. DOI: 10.1016/S1474-4422(22)00309-X.
- [2] 苗白云. 基于神经网络的高精度守时系统的设计与实现[D]. 山东: 山东工商学院, 2021: 22-25. DOI: 10.27903/d.cnki.gsdsg.2021.000032.
- [3] 李达宇, 郭少雷, 张波, 等. 分析影响重度颅脑损伤昏迷患者苏醒的因素[J]. 新疆医学, 2021, 12: 1353-1356.
- [4] 申海龙, 陈云庆, 张龙, 等. 脑挫裂伤合并脑疝患者开颅术后 30d 预后不良的列线图预测模型构建与评估[J]. 疑难病杂志, 2021, 12: 1234-1239. DOI: 10.3969/j.issn.1671-6450.2021.12.011.
- [5] 谢元润, 马迎辉, 叶继业. 血清和肽素、胰岛素样生长因子-II 联合急性生理和慢性健康评估系统 II 评分对颅脑外伤患者预后的预测价值[J]. 心脑血管病防治, 2021, 8: 411-414. DOI: 10.3969/j.issn.1009-816x.2021.04.029.
- [6] 刘洋. 颅脑创伤患者去骨瓣减压术后颅内出血进展的危险因素分析[D]. 新疆医科大学, 2021: 1-40. DOI: 10.27433/d.cnki.gxyku.2021.000800.
- [7] 王飞. 进展性出血性颅脑外伤的临床评估与机制探讨[D]. 青岛大学, 2017: 1-79.
- [8] 俞凯文, 孟令文. 应激性高血糖联合早期血乳酸清除率对重型颅脑外伤患者预后的临床意义[J]. 河北医科大学学报, 2023, 44: 46-50. DOI: 10.3969/j.issn.1007-3205.2023.01.010.
- [9] 董宇为, 黄喆. 应激性高血糖对中型创伤性颅脑损伤患者发生认知功能障碍的影响研究[J]. 实用心脑血管病杂志, 2023, 31: 42-46. DOI: 10.12114/j.issn.1008-5971.2022.00.312.
- [10] 王小刚, 高丁, 李涛, 等. 院前应用格拉斯哥昏迷分级评分评估颅脑损伤患者与预后的相关性分析[J]. 中国临床医生杂志, 2015, 8: 36-39. DOI: 10.3969/j.issn.2095-8552.2015.08.013.
- [11] 钟鸣. 全面无反应性评分对院前创伤性脑损伤 30 天预后的预测价值[D]. 川北医学院, 2020: 1-61. DOI: 10.27755/d.cnki.gcybyx.2020.000020.
- [12] 王沁, 龚黎明, 郑惠. 乳酸、DD 二聚体与重症颅脑损伤预后的相关性[J]. 浙江创伤外科, 2021, 28: 679-681. DOI: 10.3969/j.issn.1009-7147.2021.04.035.
- [13] 代俊喜, 张锦程, 杨标, 等. 新型可分级弥漫性轴索损伤动物模型的建立与评价[J]. 神经损伤与功能重建, 2019, 14: 5. DOI: 10.16780/j.cnki.sjssgncj.2019.05.001.

(本文编辑:王晶)