

# 颅脑损伤患者开颅血肿清除术后并发脑梗死的影响因素及其风险预测列线图模型构建



扫描二维码  
查看原文

郭雅琴, 许群峰, 江丽华

**【摘要】** **目的** 探讨颅脑损伤患者开颅血肿清除术后并发脑梗死的影响因素并构建其风险预测列线图模型。**方法** 选取2018年1月至2021年6月于马鞍山十七冶医院行开颅血肿清除术的颅脑损伤患者191例。收集患者的临床资料, 采用单因素分析和多因素Logistic回归分析探讨颅脑损伤患者开颅血肿清除术后并发脑梗死的影响因素, 采用R 3.5.3软件包和rms程序包建立颅脑损伤患者开颅血肿清除术后并发脑梗死的风险预测列线图模型。**结果** 191例患者中, 有52例发生脑梗死, 发生率为27.2%。根据脑梗死发生情况将患者分为脑梗死组 ( $n=52$ ) 和非脑梗死组 ( $n=139$ )。多因素Logistic回归分析结果显示, 入院时GCS评分、脑疝、术后低血压、蛛网膜下腔出血和受伤至开颅时间是颅脑损伤患者开颅血肿清除术后并发脑梗死的影响因素 ( $P<0.05$ )。基于上述因素建立颅脑损伤患者开颅血肿清除术后并发脑梗死的风险预测列线图模型。模型验证结果显示, 该列线图模型的一致性指数为0.778; 校正曲线趋近于理想曲线; ROC曲线分析结果显示, 该列线图模型预测颅脑损伤患者开颅血肿清除术后并发脑梗死的AUC为0.792 [95%CI (0.765, 0.821)]。**结论** 入院时GCS评分、脑疝、术后低血压、蛛网膜下腔出血和受伤至开颅时间是颅脑损伤患者开颅血肿清除术后并发脑梗死的影响因素, 本研究基于上述因素构建的列线图模型对颅脑损伤患者开颅血肿清除术后并发脑梗死有一定预测效能, 具有一定的临床应用价值。

**【关键词】** 颅脑损伤; 脑梗死; 开颅血肿清除术; 影响因素; 列线图

**【中图分类号】** R 743.33 **【文献标识码】** A DOI: 10.12114/j.issn.1008-5971.2022.00.101

郭雅琴, 许群峰, 江丽华. 颅脑损伤患者开颅血肿清除术后并发脑梗死的影响因素及其风险预测列线图模型构建 [J]. 实用心脑血管病杂志, 2022, 30 (4): 42-46, 51. [www.syxnf.net]

GUO Y Q, XU Q F, JIANG L H. Influencing factors of cerebral infarction after craniotomy hematoma removal in patients with craniocerebral injury and construction of its nomogram model for risk prediction [J]. Practical Journal of Cardiac Cerebral Pneumal and Vascular Disease, 2022, 30 (4): 42-46, 51.

## Influencing Factors of Cerebral Infarction after Craniotomy Hematoma Removal in Patients with Craniocerebral Injury and Construction of Its Nomogram Model for Risk Prediction

GUO Yaqin, XU Qunfeng, JIANG Lihua

Department of Neurosurgery, Maanshan Shiqiye Hospital, Maanshan 243000, China

Corresponding author: GUO Yaqin, E-mail: guoyaqin1926@126.com

**【Abstract】** **Objective** To explore the influencing factors of cerebral infarction after craniotomy hematoma removal in patients with craniocerebral injury, and to construct its risk prediction nomogram model. **Methods** A total of 191 patients with craniocerebral injury who underwent craniotomy hematoma removal in Maanshan Shiqiye Hospital from January 2018 to June 2021 were selected, and the clinical data of the patients were collected. Univariate analysis and multivariate Logistic regression analysis were used to investigate the influencing factors of cerebral infarction after craniotomy hematoma removal in patients with craniocerebral injury. R 3.5.3 software package and rms software package were used to establish a nomogram model of the risk of cerebral infarction after craniotomy hematoma removal in patients with craniocerebral injury. **Results** Fifty two of the 191 patients had cerebral infarction, and the incidence was 27.2%. According to the occurrence of cerebral infarction, the patients were divided into cerebral infarction group ( $n=52$ ) and non-cerebral infarction group ( $n=139$ ). The results of multivariate Logistic regression analysis showed that, GCS score at admission, brain herniation, postoperative hypotension, subarachnoid hemorrhage and time from injury to craniotomy were the influencing factors of cerebral infarction after craniotomy hematoma removal in patients with craniocerebral injury ( $P < 0.05$ ). Based on the above factors, a nomogram model for predicting cerebral infarction after craniotomy hematoma removal in patients with craniocerebral injury was established. The model validation results showed that the consistency index was 0.778. The calibration curve was close to the ideal curve. The results of ROC curve analysis

showed that the AUC of nomogram model for predicting cerebral infarction after craniotomy hematoma removal in patients with craniocerebral injury was 0.792 [95%CI (0.765, 0.821)]. **Conclusion** GCS score at admission, brain herniation, postoperative hypotension, subarachnoid hemorrhage and time from injury to craniotomy are the influencing factors of cerebral infarction after craniotomy hematoma removal in patients with craniocerebral injury. The nomogram model constructed based on the above factors has certain predictive efficiency for cerebral infarction after craniotomy hematoma removal in patients with craniocerebral injury, and has certain clinical application value.

**【Key words】** Craniocerebral injury; Brain infarction; Craniotomy hematoma removal; Influencing factors; Nomogram

创伤性颅脑损伤是指由外界暴力造成的颅脑部位损伤,其中重型颅脑损伤患者可出现颅内血管破裂,当血液聚集于颅腔内达到一定体积使脑组织急性受压时,便形成颅内血肿<sup>[1]</sup>。颅内血肿是神经外科常见的继发性病变,具有较高的致死率和致残率,临床常行开颅血肿清除术予以治疗<sup>[2]</sup>。脑梗死是开颅血肿清除术后常见的并发症之一,由于创伤性脑梗死大多无典型的临床症状和体征,且发生时间存在不确定性,故早期诊断过程中不易被识别,常于术后病情未改善或加重时才由影像学复查发现<sup>[3]</sup>,因此准确评估患者开颅血肿清除术后并发脑梗死的危险因素和风险具有重要的临床价值。目前国内外均针对术后脑梗死进行了大量的研究,但大多集中在探讨其发生机制和诱因上<sup>[4-5]</sup>,无法满足实际临床工作中对量化预测脑梗死风险的需求。列线图是一种基于多因素Logistic回归模型,将多个临床预测指标以线段的形式展现在同一平面上的图形,近年来凭借着可视可读、使用方便、预测效能良好等优势,正逐步在临床广泛应用<sup>[6-7]</sup>。基于此,本研究旨在分析颅脑损伤患者开颅血肿清除术后并发脑梗死的影响因素并建立其风险预测列线图模型,以期降低开颅血肿清除术后脑梗死发生率和改善患者预后提供参考依据。

## 1 对象与方法

**1.1 研究对象** 选取2018年1月至2021年6月于马鞍山十七冶医院行开颅血肿清除术的颅脑损伤患者191例。纳入标准:(1)年龄 $\geq 18$ 岁,确诊为创伤性颅脑损伤;(2)创伤后1周内行开颅血肿清除术;(3)术前影像学检查无脑梗死者。排除标准:(1)入院24 h内或术中死亡者;(2)既往有颅脑损伤史、脑卒中史、心脏病史、深静脉血栓史者;(3)伴有严重心、肺、肝、肾功能损伤者;(4)合并恶性肿瘤及免疫系统、血液系统疾病者;(5)临床资料缺失者。本研究经马鞍山十七冶医院科研伦理委员会审核通过〔批准号:马鞍山十七冶医院科伦审(2017)第(135)号〕,所有患者及其家属对本研究知情同意。

**1.2 诊断标准** 参照《中国脑梗死中西医结合诊治指南(2017)》<sup>[8]</sup>中的诊断标准:术后多次颅脑CT检查显示边界清楚的脑血管分布区低密度影,且为新出现的低密度灶,排除陈旧性脑梗死、脑水肿或手术因素引起

### 本研究创新点:

脑梗死是开颅血肿清除术后常见的并发症,但目前国内外尚无个体化预测开颅血肿清除术后脑梗死并发风险的模型,对相关高风险患者难以进行有效的早期筛查。本研究尝试将列线图应用于预测开颅血肿清除术后并发脑梗死风险。首先采用单因素分析和多因素Logistic回归分析筛选颅脑损伤患者开颅血肿清除术后并发脑梗死的影响因素,再以此作为列线图模型的变量指标,利用R 3.5.3软件包成功构建了颅脑损伤患者开颅血肿清除术后并发脑梗死的风险预测列线图模型,为脑梗死的防治提供了新的评估途径,有利于改善开颅血肿清除术后颅脑损伤患者的预后。此外,本研究采用了多种方式对该列线图模型的预测效能进行验证,结果显示,其一致性指数为0.778,校正曲线趋近于理想曲线,其预测颅脑损伤患者开颅血肿清除术后并发脑梗死的风险预测列线图模型,为脑梗死的防治提供了新的评估途径,有利于改善开颅血肿清除术后颅脑损伤患者的预后。此外,本研究采用了多种方式对该列线图模型的预测效能进行验证,结果显示,其一致性指数为0.778,校正曲线趋近于理想曲线,其预测颅脑损伤患者开颅血肿清除术后并发脑梗死的风险有一定预测效能。本研究中列线图模型的构建和验证方式可为临床其他不良事件的风险预测提供参考。

的低密度灶。

**1.3 资料收集** 收集患者临床资料,包括性别、年龄、吸烟史(每天吸烟1支以上且时间超过1年定义为有吸烟史)、糖尿病(糖化血红蛋白 $\geq 6.5\%$ )、受伤原因(交通意外、高处坠落、摔跌伤或击砸伤)、损伤类型(硬膜下血肿、脑挫裂伤、硬膜外血肿)、入院时格拉斯哥昏迷量表(Glasgow Coma Scale, GCS)评分〔GCS包括睁眼反应(4分)、语言反应(5分)和肢体运动(6分),得分范围为3~15分,评分越低表示病情越重<sup>[9]</sup>〕、脑疝(术中观察到脑组织从高压区被挤到附近的孔道)、术后低血压〔收缩压 $< 90$  mm Hg(1 mm Hg=0.133 kPa)或降低幅度大于基础值的30%〕、蛛网膜下腔出血(CT检查显示蛛网膜下腔呈高密度影并经术中确诊)和受伤至开颅时间。

**1.4 统计学方法** 采用SPSS 22.0统计学软件进行数

据分析。计数资料以相对数表示，组间比较采用  $\chi^2$  检验；采用多因素Logistic回归分析探讨颅脑损伤患者开颅血肿清除术后并发脑梗死的影响因素；采用R 3.5.3软件包和rms程序包建立颅脑损伤患者开颅血肿清除术后并发脑梗死的风险预测列线图模型。采用Bootstrap法进行内部验证，采用一致性指数、校正曲线和ROC曲线评估该列线图模型预测颅脑损伤患者开颅血肿清除术后并发脑梗死的效能。以  $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

**2 结果**

**2.1 一般情况** 191例患者中，有52例发生脑梗死，发生率为27.2%，其中梗死部位为枕叶21例、颞叶13例、一侧半球大面积梗死9例、额叶7例、基底核丘脑及脑干2例。根据脑梗死发生情况将患者分为脑梗死组 ( $n=52$ ) 和非脑梗死组 ( $n=139$ )。

**2.2 颅脑损伤患者开颅血肿清除术后并发脑梗死影响因素的单因素分析** 两组性别、吸烟史、糖尿病发生率、受伤原因和损伤类型比较，差异无统计学意义 ( $P > 0.05$ )；两组年龄、入院时GCS评分、脑疝发生率、术后低血压发生率、蛛网膜下腔出血发生率和受伤至开颅时间比较，差异有统计学意义 ( $P < 0.05$ )，见表1。

**2.3 颅脑损伤患者开颅血肿清除术后并发脑梗死影响因素的多因素Logistic回归分析** 以脑梗死发生情况为因变量 (赋值：发生=1，未发生=0)，将表1中差异有统计学意义的指标作为自变量，进行多因素Logistic回归分析，结果显示，入院时GCS评分、脑疝、术后低血压、蛛网膜下腔出血和受伤至开颅时间是颅脑损伤患者开颅血肿清除术后并发脑梗死的影响因素 ( $P < 0.05$ )，见表2。

**2.4 颅脑损伤患者开颅血肿清除术后并发脑梗死的风险预测列线图模型构建及验证** 基于多因素Logistic回归分析结果，构建颅脑损伤患者开颅血肿清除术后并发脑梗死的风险预测列线图模型，各变量得分依次为：入院时GCS评分 (3~5分) 46分，脑疝44分，术后低血压25分，蛛网膜下腔出血45分，受伤至开颅时间  $\geq 3$  h

**表1** 颅脑损伤患者开颅血肿清除术后并发脑梗死影响因素的单因素分析 [ $n$  (%) ]

**Table 1** Univariate analysis of influencing factors of cerebral infarction after craniotomy hematoma removal in patients with craniocerebral injury

项目	脑梗死组 ( $n=52$ )	非脑梗死组 ( $n=139$ )	$\chi^2$ 值	P值
性别			2.214	0.137
男	35 (67.3)	77 (55.4)		
女	17 (32.7)	62 (44.6)		
年龄			6.948	0.008
<60岁	39 (75.0)	125 (89.9)		
$\geq 60$ 岁	13 (25.0)	14 (10.1)		
吸烟史	23 (44.2)	48 (34.5)	1.524	0.217
糖尿病	5 (9.6)	11 (7.9)	0.143	0.706
受伤原因			1.410	0.494
交通意外	23 (44.2)	74 (53.2)		
高处坠落	9 (17.3)	23 (16.5)		
摔跌伤或击砸伤	20 (38.5)	42 (30.2)		
损伤类型			4.062	0.131
硬膜下血肿	21 (40.4)	49 (35.2)		
脑挫裂伤	19 (36.5)	37 (26.6)		
硬膜外血肿	12 (23.1)	53 (38.1)		
入院时GCS评分			12.345	<0.001
3~5分	27 (51.9)	35 (25.2)		
6~8分	25 (48.1)	104 (74.8)		
脑疝	14 (26.9)	11 (7.9)	12.021	0.001
术后低血压	17 (32.7)	21 (15.1)	7.342	0.007
蛛网膜下腔出血	46 (88.5)	92 (66.2)	9.365	0.002
受伤至开颅时间			15.020	0.002
<3 h	28 (53.8)	83 (59.7)		
$\geq 3$ h且<6 h	11 (21.2)	39 (28.1)		
$\geq 6$ h且<12 h	5 (9.6)	15 (10.8)		
$\geq 12$ h	8 (15.4)	2 (1.4)		

注：GCS=格拉斯哥昏迷量表

且<6 h 8分、 $\geq 6$  h且<12 h 13分、 $\geq 12$  h 100分，见图1。通过将原始数据重复抽样1 000次后 (Bootstrap法) 进行内部验证，结果显示，该列线图模型的一致性指数为0.778；校正曲线趋近于理想曲线，见图2；ROC

**表2** 颅脑损伤患者开颅血肿清除术后并发脑梗死影响因素的多因素Logistic回归分析

**Table 2** Multivariate Logistic regression analysis of influencing factors of cerebral infarction after craniotomy hematoma removal in patients with craniocerebral injury

变量	赋值	$\beta$	SE	Wald $\chi^2$ 值	P值	OR值	95%CI
年龄	$\geq 60$ 岁=1, <60岁=0	0.895	0.484	3.418	0.064	2.447	(0.948, 6.321)
入院时GCS评分	3~5分=1, 6~8分=0	1.379	0.389	12.585	<0.001	3.970	(1.853, 8.505)
脑疝	是=1, 否=0	1.478	0.509	8.426	0.004	4.386	(1.616, 11.901)
术后低血压	是=1, 否=0	0.973	0.440	4.900	0.027	2.646	(1.118, 6.264)
蛛网膜下腔出血	是=1, 否=0	1.156	0.505	5.246	0.022	3.178	(1.182, 8.546)
受伤至开颅时间	$\geq 12$ h=3, $\geq 6$ h且<12 h=2, $\geq 3$ h且<6 h=1, <3 h=0	0.420	0.210	4.006	0.045	1.522	(1.009, 2.297)
常量	-	-3.326	0.553	36.163	0.000	0.036	-

注：-表示无此数据

曲线分析结果显示, 该列线图模型预测颅脑损伤患者开颅血肿清除术后并发脑梗死的AUC为0.792 [ 95%CI (0.765, 0.821) ], 见图3。

### 3 讨论

脑梗死是颅脑损伤患者开颅血肿清除术后常见且严重的并发症, 常会导致病情恶化, 严重影响患者预后, 其死亡率高达45%~55%<sup>[10-11]</sup>。本研究结果显示, 颅脑损伤患者开颅血肿清除术后脑梗死的发生率为27.2% (52/191)。相关研究报道, 颅脑损伤患者开颅血肿清除术后并发脑梗死的机制可能包括外界暴力引起的脑血管机械性损伤、术后脑血管痉挛导致血流减慢、灌注不足以及血液流变学异常和微循环障碍, 但具体发生机制目前尚未形成共识<sup>[12]</sup>。因此, 探讨颅脑损伤患者开颅血肿清除术后并发脑梗死的影响因素, 并进行有效的风险预测具有重要的临床意义。

本研究单因素分析结果显示, 脑梗死组≥60岁者占比高于非脑梗死组。周俊领等<sup>[13]</sup>也认为, 高龄是颅脑损伤患者术后并发脑梗死的危险因素, 主要是由于老年人脑组织发生退行性萎缩, 且颅骨逐渐硬化, 颅脑遭受外界暴力时无法得到有效缓冲。此外, 老年人的脑血管常有不同程度的硬化, 导致其脆性增加, 受创后易形成狭窄和灌注减少。但本研究多因素Logistic回归分析并未发现年龄是颅脑损伤患者开颅血肿清除术后并发脑梗死的影响因素, 这可能跟年龄与其他资料存在一定的交互作用有关, 且目前尚无直接证据证明年龄与术后脑梗死的发生有关。本研究结果显示, 入院时GCS评分、脑疝、术后低血压、蛛网膜下腔出血和受伤至开颅时间是颅脑损伤患者开颅血肿清除术后并发脑梗死的影响因素。水庆学等<sup>[14]</sup>报道显示, 术前GCS评分为3~5分的脑损伤患者开颅术后继发脑梗死的概率明显高于GCS评分为6~8分的患者。入院时GCS评分低表明患者的昏迷程度较重, 存在严重的颅脑损伤。一般认为颅脑损伤越重, 颅内压急剧上升的可能性越大, 继而造成脑血管受压、移位, 导致脑供血不足, 从而易发生脑梗死。SERVER等<sup>[15]</sup>报道, 八成以上的创伤性脑梗死是由脑疝引起的, 国内也有研究提出脑疝与脑梗死的发生密切相关<sup>[16]</sup>。在脑疝形成过程中, 由于颅内血肿的占位效应脑血管血液灌注会下降, 血液黏性增加且流速减慢, 凝血因子被激活, 从而易导致血栓形成, 诱发梗死。颅脑损伤患者因复合伤出血和脱水剂、利尿剂的使用及中枢性循环衰竭等因素可引起低血压, 云强等<sup>[17]</sup>报道, 低血压与创伤性脑梗死的发生明显相关, 究其原因可能是长期低血压状态难以保障脑血流灌注的压力, 造成脑组织缺血性损伤, 从而易诱发脑梗死。许乐宜等<sup>[18]</sup>报道, 创伤性蛛网膜下腔出血是重型颅脑损伤后创伤性脑梗死的危险因素。蛛网膜下腔出血局部积血中的氧合

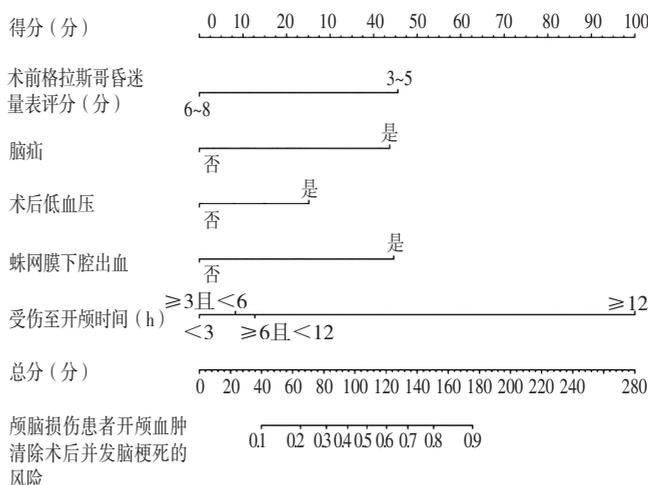


图1 颅脑损伤患者开颅血肿清除术后并发脑梗死的风险预测列线图模型

Figure 1 Nomogram model for predicting the risk of cerebral infarction after craniotomy hematoma removal in patients with craniocerebral injury

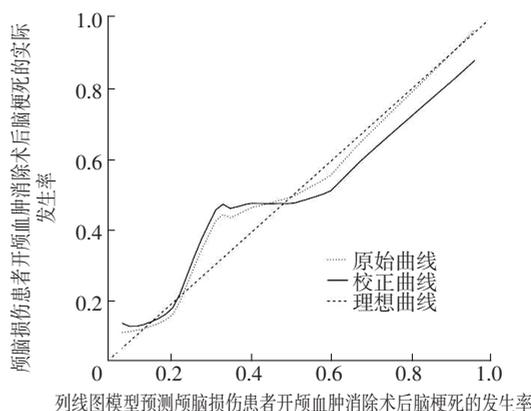


图2 列线图模型预测颅脑损伤患者开颅血肿清除术后并发脑梗死的校正曲线

Figure 2 Correction curve of nomogram model for predicting cerebral infarction after craniotomy hematoma removal in patients with craniocerebral injury

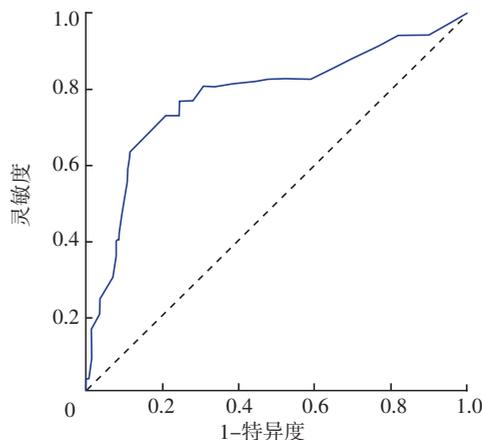


图3 列线图模型预测颅脑损伤患者开颅血肿清除术后并发脑梗死的ROC曲线

Figure 3 ROC curve of nomogram model for predicting cerebral infarction after craniotomy hematoma removal in patients with craniocerebral injury

血红蛋白会对血管壁产生持续刺激,促使蛋白激酶C激活,导致血管的舒缩功能紊乱,继而引起脑血管痉挛,加重脑组织缺血缺氧性损伤,后期极易形成脑梗死。王承等<sup>[19]</sup>报道,受伤至开颅时间 $\geq 3$  h是重型创伤性脑损伤患者开颅血肿清除术后发生脑梗死的危险因素。分析原因,脑血管受到血肿的长期压迫可发生扭曲变形,造成血管闭塞,而开颅血肿清除术能够快速有效解除急性脑受压症状,因此患者伤后耽误时间越长,脑组织和脑血管在受压状态下的损伤程度可能越严重,形成脑梗死的风险也就越大。

本研究基于多因素Logistic回归分析结果建立了颅脑损伤患者开颅血肿清除术后并发脑梗死的风险预测列线图模型。本列线图模型主要由三部分组成:(1)风险指标。即多因素Logistic回归分析筛选出的影响因素,且每一项指标后都有一条对应的线段,线段两个端点反映了指标的不同情况。(2)变量得分。指标对应线段长度反映了该指标对并发脑梗死的贡献大小,结合图中上方的评分标准决定了变量的得分,各单项变量得分之和即为总分。(3)颅脑损伤患者开颅血肿清除术后并发脑梗死的预测概率,预测范围内的每一个总分在图下方的风险轴上都有对应的预测概率。三部分清晰简洁,相比于STROBEL等<sup>[20]</sup>报道中以风险系数为框架的数学方程模型,列线图模型更为直观便捷,免去了繁琐的数学计算,更适用于临床对患者术后脑梗死的个体化预测。王宇婵等<sup>[21]</sup>也成功构建了针对颅脑损伤术后并发肺部感染风险的列线图模型,但在评估模型准确性时仅采用自抽样的一致性指数和ROC曲线验证,而本研究结果显示,列线图模型的一致性指数为0.778,校正曲线趋近于理想曲线;ROC曲线分析结果显示,列线图模型预测颅脑损伤患者开颅血肿清除术后并发脑梗死的AUC为0.792 [95%CI (0.765, 0.821)],证明了该列线图模型对颅脑损伤患者开颅血肿清除术后并发脑梗死具有一定的预测效能。医务人员可通过该列线图模型及早识别高危患者并将其列为重点管理人群,如对于意识障碍严重、有手术指征的患者强调尽早手术;针对合并脑疝的患者可合理使用脱水剂,严密监测颅内压的变化情况,加强血压管理;对发生低血压的患者应充分补液,增加血容量,维持收缩压在90 mm Hg以上<sup>[22]</sup>;针对蛛网膜下腔出血者,关颅前应用0.9%氯化钠溶液冲洗,以减少血管痉挛,并维持有效循环血量;术后经颅多普勒超声检查发现早期血管痉挛时,可使用抗血管痉挛药物。术后可将患者床头抬高 $10^{\circ}\sim 15^{\circ}$ ,保持呼吸畅通,以降低脑动脉压。

综上所述,入院时GCS评分、脑疝、术后低血压、蛛网膜下腔出血和受伤至开颅时间是颅脑损伤患者开颅血肿清除术后并发脑梗死的影响因素,本研究基于上述

因素构建的列线图模型对颅脑损伤患者开颅血肿清除术后并发脑梗死有一定的预测效能,具有一定的临床应用价值。但本研究为单中心研究,且样本量有限,针对各项资料的把控标准难以统一,如年龄、GCS评分、受伤至开颅时间等指标还可进一步细化,故该列线图模型仍有待多中心、大样本量的研究进一步证实。

作者贡献:郭雅琴进行文章的构思与设计、研究的实施与可行性分析,撰写、修订论文,进行统计学处理,负责文章的质量控制及审校,对文章整体负责、监督管理;许群峰进行资料收集;江丽华进行资料整理。

本文无利益冲突。

## 参考文献

- [1] VEDANTAM A, YAMAL J M, RUBIN M L, et al. Progressive hemorrhagic injury after severe traumatic brain injury: effect of hemoglobin transfusion thresholds [J]. *J Neurosurg*, 2016, 125 (5): 1229-1234. DOI: 10.3171/2015.11.JNS151515.
- [2] LIANG C Y, YANG Y, SHEN C S, et al. Chinese military evaluation of a portable near-infrared detector of traumatic intracranial hematomas [J]. *Mil Med*, 2018, 183 (7/8): e318-323. DOI: 10.1093/milmed/usx088.
- [3] LATRONICO N, PIVA S, FAGONI N, et al. Impact of a posttraumatic cerebral infarction on outcome in patients with TBI: the Italian multicenter cohort INCEPT study [J]. *Crit Care*, 2020, 24 (1): 33. DOI: 10.1186/s13054-020-2746-5.
- [4] 童燕翔, 林驰, 汤进伟, 等. 亚高原地区颅脑创伤继发性脑梗死的影响因素分析 [J]. *中华神经外科杂志*, 2021, 37 (2): 186-189. DOI: 10.3760/cma.j.cn112050-20200225-00078.
- [5] SU T M, LAN C M, LEE T H, et al. Posttraumatic cerebral infarction after decompressive craniectomy for traumatic brain injury: incidence, risk factors and outcome [J]. *Turk Neurosurg*, 2017. [Epub ahead of print]. DOI: 10.5137/1019-5149.JTN.20761-17.1.
- [6] WEI T T, YANG B W, LIU H N, et al. Development and validation of a nomogram to predict coronary heart disease in patients with rheumatoid arthritis in Northern China [J]. *Aging (Albany NY)*, 2020, 12 (4): 3190-3204. DOI: 10.18632/aging.102823.
- [7] KAWASAKI K, YAMAMOTO M, SUKA Y, et al. Development and validation of a nomogram predicting postoperative pneumonia after major abdominal surgery [J]. *Surg Today*, 2019, 49 (9): 769-777. DOI: 10.1007/s00595-019-01796-8.
- [8] 中国中西医结合学会神经科专业委员会. 中国脑梗死中西医结合诊治指南(2017) [J]. *中国中西医结合杂志*, 2018, 38 (2): 136-144. DOI: 10.7661/j.cjim.20171221.483.
- [9] 中英对照GCS评分 [J]. *中华神经医学杂志*, 2005, 4 (5): 497.
- [10] TIAN H L, GENG Z, CUI Y H, et al. Risk factors for posttraumatic cerebral infarction in patients with moderate or severe head trauma [J]. *Neurosurg Rev*, 2008, 31 (4): 431-437. DOI: 10.1007/s10143-008-0153-5.

(下转第51页)

· 论著 ·

# 颅脑外伤患者发生外伤后急性弥漫性脑肿胀的危险因素及其列线图预测模型构建

扫描二维码  
查看原文

孙夕峰, 唐勇, 樊永忠, 严朝俊

**【摘要】** 目的 分析颅脑外伤(TBI)患者发生外伤后急性弥漫性脑肿胀(PADBS)的危险因素,并构建其列线图预测模型。方法 选取2019年4月至2021年10月丹阳市人民医院收治的TBI患者245例,根据TBI后是否发生PADBS将其分成PADBS组( $n=69$ )与无PADBS组( $n=176$ )。收集所有患者的临床资料,采用多因素Logistic回归分析探讨TBI患者发生PADBS的影响因素,并将危险因素引入R 3.6.3软件及rms程序包,以构建TBI患者发生PADBS的列线图预测模型;绘制ROC曲线以评估该列线图预测模型对TBI患者发生PADBS的区分度;绘制校准曲线及进行Hosmer-Lemeshow拟合优度检验以评估该列线图预测模型预测TBI患者发生PADBS的准确性。结果 PADBS组和无PADBS组患者年龄、TBI至治疗时间、误吸发生率、低血压发生率、颅内CT血肿厚度、脑疝发生率、多发伤发生率、原发性脑干损伤发生率及格拉斯哥昏迷量表(GCS)评分比较,差异有统计学意义( $P<0.05$ )。多因素Logistic回归分析结果显示,TBI至治疗时间 $>3$  h [ $OR=8.213$ ,  $95\%CI(3.615, 18.659)$ ]、误吸 [ $OR=8.019$ ,  $95\%CI(2.818, 22.818)$ ]、原发性脑干损伤 [ $OR=27.736$ ,  $95\%CI(7.571, 101.616)$ ]、GCS评分 $\leq 8$ 分 [ $OR=8.677$ ,  $95\%CI(3.544, 21.242)$ ]是TBI患者发生PADBS的危险因素( $P<0.05$ )。以上述危险因素为指标构建TBI患者发生PADBS的列线图预测模型。ROC曲线分析结果显示,该列线图预测模型预测TBI患者发生PADBS的曲线下面积为0.831 [ $95\%CI(0.765, 0.897)$ ];该列线图预测模型预测TBI患者发生PADBS的校准曲线与实际曲线基本吻合;Hosmer-Lemeshow拟合优度检验结果显示,该列线图预测模型的拟合效果良好( $\chi^2=6.272$ ,  $P=0.180$ )。结论 TBI至治疗时间 $>3$  h、误吸、原发性脑干损伤、GCS评分 $\leq 8$ 分是TBI患者发生PADBS的危险因素,基于上述危险因素构建的TBI患者发生PADBS的列线图预测模型具有良好的区分度及准确性。

**【关键词】** 颅脑外伤;外伤后急性弥漫性脑肿胀;影响因素分析;列线图模型

**【中图分类号】** R 651 **【文献标识码】** A DOI: 10.12114/j.issn.1008-5971.2022.00.102

孙夕峰, 唐勇, 樊永忠, 等. 颅脑外伤患者发生外伤后急性弥漫性脑肿胀的危险因素及其列线图预测模型构建[J]. 实用心脑血管病杂志, 2022, 30(4): 47-51. [[www.syxnf.net](http://www.syxnf.net)]

SUN X F, TANG Y, FAN Y Z, et al. Risk factors for post-traumatic acute diffuse brain swelling after traumatic brain injury and establishment of its nomogram prediction model [J]. Practical Journal of Cardiac Cerebral Pneumal and Vascular Disease, 2022, 30(4): 47-51.

## Risk Factors for Post-traumatic Acute Diffuse Brain Swelling after Traumatic Brain Injury and Establishment of Its Nomogram Prediction Model

SUN Xifeng, TANG Yong, FAN Yongzhong, YAN Chaojun

Department of Neurosurgery, People's Hospital of Danyang, Danyang 212300, China

Corresponding author: SUN Xifeng, E-mail: sunrmyy@163.com

**【Abstract】 Objective** To analyze the risk factors for post-traumatic acute diffuse brain swelling (PADBS) after traumatic brain injury (TBI), and construct its nomogram prediction model. **Methods** A total of 245 TBI patients admitted to People's Hospital of Danyang from April 2019 to October 2021 were selected and divided into PADBS group ( $n=69$ ) and non-PADBS group ( $n=176$ ) according to whether PADBS appeared after TBI. The clinical data of all patients were collected, the influencing factors of PADBS in TBI patients were analyzed by multivariate Logistic regression, and the risk factors were introduced into R 3.6.3 software and rms package to construct the nomogram prediction model of PADBS in TBI patients; the ROC curve was drawn to evaluate the discrimination of the nomogram prediction model in predicting PADBS in patients with TBI; the calibration curve was drawn and Hosmer-Lemeshow goodness of fit test was performed to evaluate the accuracy of the nomogram prediction model in predicting PADBS in patients with TBI. **Results** There were statistically significant differences in age, TBI to treatment time, incidence of aspiration, incidence of hypotension, hematoma thickness of intracranial CT, incidence of cerebral

hernia, incidence of multiple injuries, incidence of primary brain stem injury and Glasgow Coma Scale (GCS) score between PADBS group and non-PADBS group ( $P < 0.05$ ). Multivariate Logistic regression analysis showed that the TBI to treatment time  $> 3$  h [ $OR=8.213$ ,  $95\%CI$  (3.615, 18.659)], aspiration [ $OR=8.019$ ,  $95\%CI$  (2.818, 22.818)], primary brain stem injury [ $OR=27.736$ ,  $95\%CI$  (7.571, 101.616)], GCS score  $\leq 8$  [ $OR=8.677$ ,  $95\%CI$  (3.544, 21.242)] were the risk factors for PADBS in patients with TBI ( $P < 0.05$ ). The nomogram prediction model of PADBS in patients with TBI was constructed based on the above risk factors. The ROC curve analysis showed that the area under the curve of the nomogram prediction model in predicting PADBS in patients with TBI was 0.831 [ $95\%CI$  (0.765, 0.897)]; the calibration curve of the nomogram prediction model for predicting PADBS in patients with TBI was basically consistent with the actual curve, and the Hosmer-Lemeshow goodness of fit test showed that the fitting effect of the nomogram prediction model was good ( $\chi^2=6.272$ ,  $P=0.180$ ). **Conclusion** TBI to treatment time  $> 3$  h, aspiration, primary brain stem injury and GCS score  $\leq 8$  are the risk factors of PADBS in TBI patients. The nomogram prediction model of PADBS in TBI patients based on the above risk factors has good discrimination and accuracy.

**【Key words】** Traumatic brain injury; Post-traumatic acute diffuse brain swelling; Root cause analysis; Nomogram model

颅脑外伤 (traumatic brain injury, TBI) 主要因外界暴力 (如交通事故伤) 直接或间接作用于头部所致。近年来, TBI 发生率呈逐年上升趋势<sup>[1]</sup>。外伤后急性弥漫性脑肿胀 (post-traumatic acute diffuse brain swelling, PADBS) 常发生于 TBI 后, 主要表现为不同程度的意识障碍、昏迷等<sup>[2]</sup>, 其常发生于 TBI 后 4~14 h, 部分患者发生于 TBI 后 0.5 h 内<sup>[3]</sup>。PADBS 呈恶性进展, 恶化速度较快, 处理十分棘手, 常导致 TBI 患者预后不良, 死亡风险增加<sup>[4]</sup>。因此, 明确 PADBS 的危险因素并有针对性地干预或能为临床救治争取更多时间。目前, 国内外有关 TBI 后发生 PADBS 的研究集中在发病机制分析<sup>[5]</sup>、治疗方案制定<sup>[6]</sup>等方面, 缺乏相关危险因素探讨及预测模型构建。基于此, 本研究旨在探究 TBI 患者发生 PADBS 的危险因素, 并拟构建其列线图预测模型, 以辅助临床高效、精准地筛选 PADBS 高危患者。

## 1 对象与方法

1.1 研究对象 选取 2019 年 4 月至 2021 年 10 月丹阳市人民医院收治的 TBI 患者 245 例, 均经颅脑计算机断层扫描等影像学检查确诊。其中男 106 例, 女 139 例; 年龄 21~65 岁, 平均年龄 ( $37.6 \pm 5.2$ ) 岁; 外伤原因: 交通事故 222 例, 坠落 20 例, 打击 3 例。根据 TBI 后是否发生 PADBS 将患者分成 PADBS 组 ( $n=69$ ) 与无 PADBS 组 ( $n=176$ )。

1.2 纳入与排除标准 纳入标准: (1) TBI 后 4 h 内入院; (2) 年龄  $\geq 18$  周岁。排除标准: (1) 合并重要脏器功能不全; (2) 入院 24 h 内死亡; (3) 合并恶性肿瘤; (4) 合并精神疾病。本研究获得丹阳市人民医院伦理委员会审核批准。

1.3 资料收集 收集所有患者的临床资料, 包括年龄、性别、着力部位、TBI 至治疗时间、入院时瞳孔情况、有无误吸、有无低血压、有无糖尿病史、有无高血压史、颅脑 CT 血肿厚度、有无脑疝、有无多发伤、有无颅底骨折、有无原发性脑干损伤及格拉斯哥昏迷量表 (Glasgow Coma Scale, GCS) 评分。

1.4 统计学方法 应用 SPSS 23.0 统计学软件进行数据处理。计数资料以相对数表示, 组间比较采用  $\chi^2$  检验; 采用多因素 Logistic 回归分析探讨 TBI 患者发生 PADBS 的影响因素, 并将危险因素引入 R 3.6.3 软件及 rms 程序包, 以构建 TBI 患者发生 PADBS 的列线图预测模型; 绘制 ROC 曲线以评估该列线图预测模型对 TBI 患者发生 PADBS 的区分度; 绘制校准曲线及进行 Hosmer-Lemeshow 拟合优度检验以评估该列线图预测模型预测 TBI 患者发生 PADBS 的准确性。以  $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结果

2.1 PADBS 组和无 PADBS 组患者临床资料比较 PADBS 组和无 PADBS 组患者性别、着力部位、入院时瞳孔情况、有糖尿病史者占比、有高血压史者占比、颅底骨折发生率比较, 差异无统计学意义 ( $P > 0.05$ ); PADBS 组和无 PADBS 组患者年龄、TBI 至治疗时间、误吸发生率、低血压发生率、颅脑 CT 血肿厚度、脑疝发生率、多发伤发生率、原发性脑干损伤发生率及 GCS 评分比较, 差异有统计学意义 ( $P < 0.05$ ), 见表 1。

2.2 TBI 患者发生 PADBS 影响因素的多因素 Logistic 回归分析 将年龄 (赋值:  $\leq 30$  岁=0,  $> 30$  岁=1)、TBI 至治疗时间 (赋值:  $\leq 3$  h=0,  $> 3$  h=1)、误吸 (赋值: 无=0, 有=1)、低血压 (赋值: 无=0, 有=1)、颅脑 CT 血肿厚度 (赋值:  $\leq 10$  mm=0,  $> 10$  mm=1)、脑疝 (赋值: 无=0, 有=1)、多发伤 (赋值: 无=0, 有=1)、原发性脑干损伤 (赋值: 无=0, 有=1)、GCS 评分 (赋值:  $> 8$  分=0,  $\leq 8$  分=1) 作为自变量, 将 TBI 患者是否发生 PADBS (赋值: 未发生=0, 发生=1) 作为因变量, 进行多因素 Logistic 回归分析, 结果显示, TBI 至治疗时间  $> 3$  h、误吸、原发性脑干损伤、GCS 评分  $\leq 8$  分是 TBI 患者发生 PADBS 的危险因素 ( $P < 0.05$ ), 见表 2。

2.3 TBI 患者发生 PADBS 的列线图预测模型构建及验证 以 TBI 患者发生 PADBS 的危险因素为指标, 在列线

表1 PADBS组和无PADBS组患者临床资料比较 [n (%)]

Table 1 Comparison of clinical data between PADBS group and non-PADBS group

项目	PADBS组 (n=69)	无PADBS组 (n=176)	$\chi^2$ 值	P值
年龄			4.760	0.029
>30岁	44 (63.8)	85 (48.3)		
≤30岁	25 (36.2)	91 (51.7)		
性别			0.282	0.595
男	28 (40.6)	78 (44.3)		
女	41 (59.4)	98 (55.7)		
着力部位			1.201	0.753
额部	25 (36.2)	52 (29.6)		
颞部	23 (33.3)	63 (35.8)		
枕部	18 (26.1)	50 (28.4)		
其他	3 (4.4)	11 (6.2)		
TBI至治疗时间			33.563	<0.001
>3 h	42 (60.9)	39 (22.2)		
≤3 h	27 (39.1)	137 (77.8)		
入院时瞳孔情况			0.530	0.767
双侧瞳孔散大	24 (34.8)	69 (39.2)		
单侧瞳孔散大	29 (42.0)	72 (40.9)		
瞳孔不规则变化	16 (23.2)	35 (19.9)		
误吸	31 (44.9)	27 (15.3)	24.013	<0.001
低血压	37 (53.6)	38 (21.6)	24.220	<0.001
糖尿病史	7 (10.1)	11 (6.25)	1.105	0.293
高血压史	13 (18.8)	32 (18.2)	0.014	0.905
颅脑CT水肿厚度			39.910	<0.001
≤10 mm	45 (65.2)	168 (95.4)		
>10 mm	24 (34.8)	8 (4.6)		
脑疝	11 (15.9)	3 (1.7)	18.649	<0.001
多发伤	17 (24.6)	22 (12.5)	5.456	0.020
颅底骨折	8 (11.6)	18 (10.2)	0.098	0.755
原发性脑干损伤	23 (33.3)	9 (5.1)	34.762	<0.001
GCS评分			16.992	<0.001
≤8分	46 (66.7)	66 (37.5)		
>8分	23 (33.3)	110 (62.5)		

注: PADBS=外伤后急性弥漫性脑肿胀, TBI=颅脑外伤, GCS=格拉斯哥昏迷量表

表2 TBI患者发生PADBS影响因素的多因素Logistic回归分析

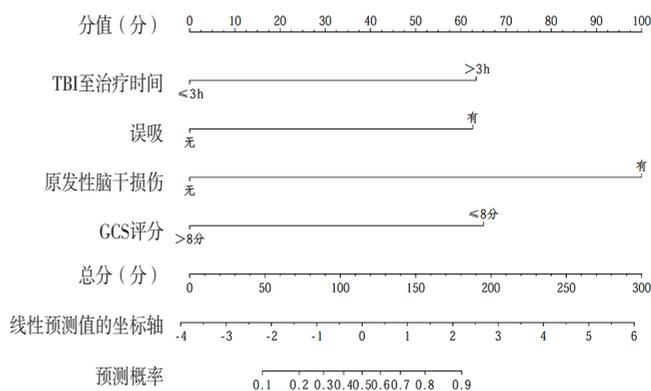
Table 2 Multivariate Logistic regression analysis of influencing factors of PADBS in patients with TBI

变量	$\beta$	SE	Wald $\chi^2$ 值	P值	OR (95%CI)
常量	-3.802	0.462	67.687	<0.001	0.022
TBI至治疗时间	2.106	0.419	25.295	<0.001	8.213 (3.615, 18.659)
误吸	2.082	0.534	15.222	<0.001	8.019 (2.818, 22.818)
原发性脑干损伤	3.323	0.662	25.156	<0.001	27.736 (7.571, 101.616)
GCS评分	2.161	0.457	22.371	<0.001	8.677 (3.544, 21.242)

图在线网站 (<http://111.229.212.9:3838/inomogram/>) 绘制TBI患者发生PADBS的列线图预测模型, 见图1。ROC曲线分析结果显示, 该列线图预测模型预测TBI患者发生PADBS的曲线下面积为0.831 [95%CI (0.765, 0.897)], 见图2; 该列线图模型预测TBI患者发生PADBS的校准曲线与实际曲线基本吻合, 见图3; Hosmer-Lemeshow拟合优度检验结果显示, 该列线图预测模型的拟合效果良好 ( $\chi^2=6.272, P=0.180$ )。

### 3 讨论

TBI是急诊科常见的中枢神经系统损伤<sup>[7]</sup>。PADBS指TBI后脑组织广泛肿大, 行CT检查可见单侧/双侧大脑半球肿胀<sup>[8-9]</sup>, 其病因、发病机制尚未明确, 但其起病迅猛, 是TBI患者的严重并发症<sup>[10]</sup>。TBI后发生PADBS将促进患者病情恶化, 加剧脑组织损伤程度, 进而增加临床治疗难度。多项研究指出, PADBS是影响TBI患者预后不良的危险因素<sup>[11-12]</sup>。因此, 明确TBI后发生



注: TBI=颅脑外伤, GCS=格拉斯哥昏迷量表

图1 TBI患者发生PADBS的列线图预测模型

Figure 1 Nomogram prediction model of PADBS in patients with TBI

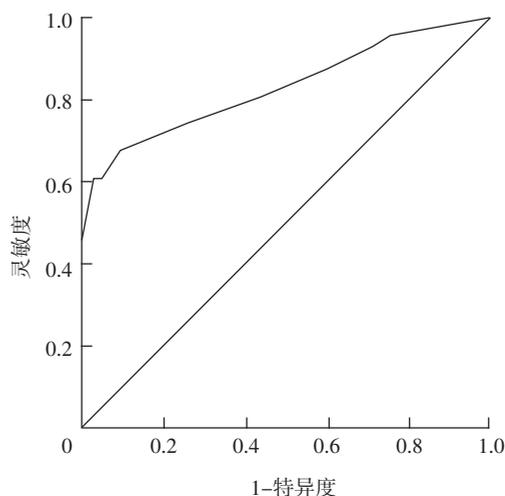


图2 列线图预测模型预测TBI患者发生PADBS的ROC曲线

Figure 2 ROC curve of PADBS in patients with TBI predicted by nomogram prediction model

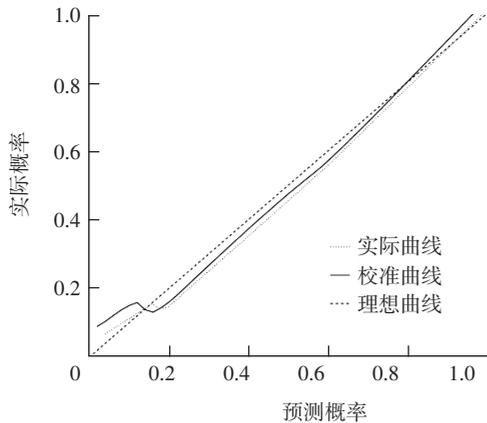


图3 列线图预测模型预测TBI患者发生PADBS的校准曲线

Figure 3 Calibration curve of nomogram prediction model in predicting PADBS in patients with TBI

PADBS的危险因素非常必要。列线图模型具有简洁、可视等多重优势，能综合回归模型的多项危险因素，进而个性化预测某一问题/事件的发生风险<sup>[13-14]</sup>。既往有学者将列线图模型用于预测重度脑外伤患者脑积水发生风险<sup>[15]</sup>、未溶栓治疗的出血转化和脑梗死再发风险<sup>[16]</sup>、脑梗死静脉溶栓后颅内出血发生风险<sup>[17]</sup>等方面，均显示出较好的预测效能。

本研究基于TBI患者发生PADBS的危险因素构建列线图预测模型，具体如下：（1）TBI至治疗时间 $>3$  h是TBI患者发生PADBS的危险因素，在列线图预测模型中的评分为62.70分，分析其原因可能如下：TBI至治疗时间长提示患者颅内压长时间处于异常状态，因未经恰当的医疗救治则可能发生一系列并发症（如低血压脑休克），进而增加PADBS发生风险。因此，一旦发生TBI，则建议尽快将患者送至医院进行救治。（2）误吸是TBI患者发生PADBS的危险因素，在列线图预测模型中的评分为62.30分，分析其原因可能如下：TBI患者发生误吸后食物残渣等胃内容物被吸至呼吸道，这必然阻塞支气管，引发肺不张；吸入胃酸的主要成分氯化氢后会造成蛋白质过量渗出，动脉血氧分压异常改变；误吸还使肺表面活性物质遭到破坏，导致肺损伤，上述情况均可造成或加剧呼吸障碍，进而增加患者PADBS发生风险。因此，需重视TBI患者的气道管理，确保其气道通畅。（3）原发性脑干损伤是TBI患者发生PADBS的危险因素，在列线图预测模型中的评分为100.00分，分析其原因可能如下：脑干（又被称为“生命中枢”）能维系机体各项生理活动，如呼吸、循环等<sup>[18]</sup>，一旦脑干受损则脑血管收缩功能异常，通透性改变，对应中枢无法有效调节血流动力学，进而导致PADBS。吴思荣等<sup>[18]</sup>研究指出，大脑血管紧张性调节中枢广泛存在于下丘脑、中脑和延髓，其结构和功能破坏是PADBS形成的基础。因此，如TBI患者存在原发性脑干损伤，则建议

及时予以妥善干预（如纠正呼吸系统紊乱），以尽可能减轻脑干损伤程度。（4）GCS评分 $\leq 8$ 分是TBI患者发生PADBS的危险因素，在列线图预测模型中的评分为64.60分。BRENNAN等<sup>[19]</sup>研究表明，GCS评分是TBI患者严重程度的关键性指标，GCS评分低表明TBI患者整体状况欠佳，需警惕其发生PADBS。

本研究进一步对构建的列线图预测模型进行验证，结果显示，该列线图预测模型预测TBI患者发生PADBS的曲线下面积为0.831 [95%CI (0.765, 0.897)]，该列线图预测模型预测TBI患者发生PADBS的校准曲线与实际曲线基本吻合，Hosmer-Lemeshow拟合优度检验结果显示，该列线图拟合效果良好，表明基于上述危险因素构建的TBI患者发生PADBS的列线图预测模型具有良好的区分度及准确性。但本研究未对构建的列线图预测模型进行外部验证，使其外推性受限。

综上所述，TBI至治疗时间 $>3$  h、误吸、原发性脑干损伤、GCS评分 $\leq 8$ 分是TBI患者发生PADBS的危险因素，基于上述危险因素构建的TBI患者发生PADBS的列线图预测模型具有良好的区分度及准确性。

作者贡献：孙夕峰进行文章的构思与设计，研究的实施与可行性分析，结果分析与解释，负责撰写、修订论文，负责文章的质量控制及审校，对文章整体负责、监督管理；唐勇、樊永忠、严朝俊进行数据收集、整理、分析。

本文无利益冲突。

#### 参考文献

- [1] CAPIZZI A, WOO J, VERDUZCO-GUTIERREZ M. Traumatic brain injury: an overview of epidemiology, pathophysiology, and medical management [J]. *Med Clin North Am*, 2020, 104 (2): 213-238. DOI: 10.1016/j.mcna.2019.11.001.
- [2] 邵雪非, 王其福, 刘佳强, 等. 创伤后重型急性弥漫性脑肿胀临床治疗策略 [J]. *国际神经病学神经外科学杂志*, 2020, 47 (4): 404-408. DOI: 10.16636/j.cnki.jinn.2020.04.012.
- [3] 蔡湛, 范月超, 单学仕, 等. ICP监测在创伤性急性弥漫性脑肿胀治疗中的应用体会 [J]. *徐州医科大学学报*, 2021, 41 (9): 672-676. DOI: 10.3969/j.issn.2096-3882.2021.09.010.
- [4] 孙国柱, 孙博宇, 王玉保. 双侧均衡阶梯式减压策略在去骨瓣减压术治疗急性弥漫性脑肿胀重型颅脑损伤效果评价 [J]. *脑与神经疾病杂志*, 2018, 26 (10): 640-643.
- [5] 毛忠祥, 黄录茂, 李超, 等. 外伤后急性弥漫性脑肿胀研究进展 [J]. *安徽医学*, 2017, 38 (12): 1621-1623. DOI: 10.3969/j.issn.1000-0399.2017.12.037.
- [6] 阳建国, 钟兴明, 汪一棋, 等. 预缝式关颅联合颅内压监测下控制性减压在PADBS手术中的作用探讨 [J]. *中华神经医学杂志*, 2021, 20 (3): 288-293. DOI: 10.3760/cma.j.cn115354-20200722-00589.
- [7] PAVLOVIC D, PEKIC S, STOJANOVIC M, et al. Traumatic brain

- injury: neuropathological, neurocognitive and neurobehavioral sequelae [J]. Pituitary, 2019, 22 (3): 270-282. DOI: 10.1007/s11102-019-00957-9.
- [8] ŽIVKOVIĆ V, CVETKOVIĆ D, OBRADOVIĆ D, et al. Mechanism of brain swelling in cases of brain evisceration due to catastrophic craniocerebral injury—an autopsy study [J]. Forensic Sci Med Pathol, 2020, 16 (1): 107-112. DOI: 10.1007/s12024-019-00207-1.
- [9] 许明伟, 黎天尊, 周椿, 等. 重型创伤性脑损伤颅骨修补术后恶性弥漫性脑肿胀一例 [J]. 中华创伤杂志, 2018, 34 (3): 279-281. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1001-8050.2018.03.016.
- [10] 秦虎, 汪永新, 徐丹书, 等. 脑室外引流和颅内压监测在创伤性急性弥漫性脑肿胀救治中的价值 [J]. 中华创伤杂志, 2017, 33 (11): 990-993. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1001-8050.2017.11.007.
- [11] 吉康荣, 李康成, 陈琴. 颅脑外伤后急性弥漫性脑肿胀的影响因素分析 [J]. 现代诊断与治疗, 2020, 31 (4): 621-622.
- [12] 王聪, 龙连圣, 辛志成, 等. 有创颅内压联合经颅多普勒监测在创伤性急性弥漫性脑肿胀救治中的作用 [J]. 中华创伤杂志, 2017 (11): 984-989.
- [13] 张学武, 魏向龙, 傅强, 等. 个体化预测急性ST段抬高型心肌梗死患者发生自发再灌注的列线图模型的建立 [J]. 临床心脑血管病杂志, 2020, 36 (7): 608-612. DOI: 10.13201/j.issn.1001-1439.2020.07.006.
- [14] 宁改君, 史丽, 邓文娟, 等. 个体化预测2型糖尿病患者并发周围神经病变风险的列线图模型的建立 [J]. 现代预防医学, 2019, 46 (5): 798-803.
- [15] 董锦疆, 叶晓峰, 雷兵. 重度脑外伤患者发生脑积水的危险因素分析及列线图模型的建立 [J]. 浙江创伤外科, 2021, 26 (2): 305-308. DOI: 10.3969/j.issn.1009-7147.2021.02.054.
- [16] 潘裕烽, 徐叶, 梁学军, 等. 列线图风险预测模型评估未溶栓治疗的出血转化和脑梗死再发风险 [J]. 中国实用神经疾病杂志, 2021, 24 (1): 19-24. DOI: 10.12083/SYSJ.2020.22.006.
- [17] 王闯, 于正涛, 陈伟明. 脑梗死静脉溶栓后颅内出血风险列线图预测模型建立 [J]. 中国神经精神疾病杂志, 2019, 45 (8): 449-453. DOI: 10.3969/j.issn.1002-0152.2019.08.001.
- [18] 吴思荣, 惠国桢, 印其章. 毁损脑干对急性弥漫性脑肿胀发生发展的影响 [J]. 中华实验外科杂志, 1998, 15 (2): 158-159.
- [19] BRENNAN P M, MURRAY G D, TEASDALE G M. Simplifying the use of prognostic information in traumatic brain injury. Part 1: the GCS-pupils score: an extended index of clinical severity [J]. J Neurosurg, 2018, 128 (6): 1612-1620. DOI: 10.3171/2017.12.JNS172780.
- (收稿日期: 2022-01-23; 修回日期: 2022-03-22)  
(本文编辑: 谢武英)

(上接第46页)

- [11] CHEN P C, TSAI S H, CHEN Y L, et al. Post-traumatic cerebral infarction following low-energy penetrating craniocerebral injury caused by a nail [J]. J Korean Neurosurg Soc, 2014, 55 (5): 293-295. DOI: 10.3340/jkns.2014.55.5.293.
- [12] 鄢志伟. 重型颅脑损伤并发创伤性脑梗死的相关危险因素分析 [D]. 广州: 广州医科大学, 2014.
- [13] 周俊领, 卢君强, 庄瑞强, 等. 颅脑创伤术后并发脑梗死危险因素分析 [J]. 中国实用医刊, 2018, 45 (4): 12-14. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1674-4756.2018.04.004.
- [14] 水庆学, 孙洪娣, 田落意. 重型颅脑损伤开颅术后继发急性脑梗死的危险因素 [J]. 中国临床神经外科杂志, 2019, 24 (10): 624-626. DOI: 10.13798/j.issn.1009-153X.2019.10.015.
- [15] SERVER A, DULLERUD R, HAAKONSEN M, et al. Post-traumatic cerebral infarction. Neuroimaging findings, etiology and outcome [J]. Acta Radiol, 2001, 42 (3): 254-260.
- [16] 杨森源, 陈俊琛, 陈煜, 等. 重型颅脑损伤并发脑梗死的危险因素分析 [J]. 中国临床神经外科杂志, 2017, 22 (10): 695-697. DOI: 10.13798/j.issn.1009-153X.2017.10.008.
- [17] 云强, 江名芳, 苏宁, 等. 老年人创伤性大面积脑梗死的危险因素分析 [J]. 疑难病杂志, 2014 (11): 1182-1184. DOI: 10.3969/j.issn.1671-6450.2014.11.025.
- [18] 许乐宜, 孔令军, 王静予, 等. 重型颅脑损伤后创伤性脑梗死危险因素的logistic分析 [J]. 中国医刊, 2018, 53 (3): 293-296. DOI: 10.3969/j.issn.1008-1070.2018.03.014.
- [19] 王承, 段继新, 钟治军, 等. 重型创伤性脑损伤患者术后外伤性脑梗死的危险因素分析 [J]. 中华创伤杂志, 2019, 35 (1): 57-61. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1001-8050.2019.01.011.
- [20] STROBEL R J, LIANG Q X, ZHANG M, et al. A preoperative risk model for postoperative pneumonia after coronary artery bypass grafting [J]. Ann Thorac Surg, 2016, 102 (4): 1213-1219. DOI: 10.1016/j.athoracsur.2016.03.074.
- [21] 王宇婵, 石长青, 李文勇, 等. 颅脑损伤术后并发肺部感染风险的列线图模型构建及其效果的初步评估 [J]. 中华神经医学杂志, 2019, 18 (12): 1209-1214. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1671-8925.2019.12.004.
- [22] 王云环, 陈淑华, 徐敏, 等. 重型颅脑损伤患者开颅术中低血压发生的危险因素 [J]. 中华麻醉学杂志, 2013, 33 (11): 1326-1328. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-1416.2013.11.009.
- (收稿日期: 2021-12-24; 修稿日期: 2022-03-07)  
(本文编辑: 张浩)