颅脑损伤手术中还纳骨瓣的预测模型构建的研究

张柏林[1] 张晶[2] 吴达星[1] 王栋[1] 邹敏刚[1]

（1.赣州市人民医院 江西赣州 341000；2 赣南卫生职业健康学院 江西赣州 341000）

【摘 要】目的：构建并分析颅脑损伤手术中还纳骨瓣预测模型的应用价值。方法：选取2022年1月-2024年12月411例颅脑损伤手术患者，根据患者手术方案分组分为观察组（术中还纳骨瓣）与对照组（术中去骨瓣），比较两组临床资料差异，并通过logistics回归分析颅脑损伤手术中还纳骨瓣的相关因素；并将危险因素纳入Nomogarm预测模型，收集2025年1月--2025年4月接受颅脑损伤手术中还纳骨瓣患者的临床资料进行预测模型验证。结果：两组在年龄、术前GCS评分、术前脑疝形成、术前缺氧、术前血红蛋白、脑室形态、ISS评分、血肿部位、中线偏移等方面的差异有统计学意义（P＜0.05）；logistics回归分析发现，年龄≥60岁、术前GCS评分≤8分、术前脑疝形成、术前缺氧、术前血红蛋白偏低、脑室形态消失、ISS评分≥25分、血肿部位（混合性）、中线偏移是颅脑损伤手术中还纳骨瓣患者术后并发症的危险因素（P＜0.05）；Nomogarm预测模型的C指数为0.891，验证绝对误差为0.005，由此推断Nomogarm预测模型具有较高的预测性能。结论：通过构建颅脑损伤手术中还纳骨瓣的预测模型，可以判断颅脑损伤手术中还纳骨瓣患者术后预后情况，从而合理调整手术方案，改善患者的预后情况。

【关键词】颅脑损伤手术；还纳骨瓣；预测模型构建

Research on the construction of a predictive model for the inclusion of bone flaps during cranial injury surgery

Zhang Bailin[1] Zhang Jing[2] Wu Daxing[1] Wang Dong[1] Zou Mingang[1]

（1.Ganzhou People's Hospital，Ganzhou，Jiangxi 341000；

2. Gannan College of Health and Occupational Health，Ganzhou，Jiangxi 341000）

[Abstract] Objective：To construct and analyze the application value of a predictive model for the inclusion of bone flap in cranial injury surgery. Method：411 patients with traumatic brain injury undergoing surgery from January 2022 to December 2024 were selected and divided into an observation group（intraoperative bone flap removal）and a control group（intraoperative bone flap removal）according to the patient's surgical plan. The differences in clinical data between the two groups were compared，and the relevant factors of bone flap removal during traumatic brain injury surgery were analyzed by logistic regression；And incorporate risk factors into the Nomogarm prediction model，collect clinical data of patients who underwent cranial injury surgery with bone flap from January 2025 to April 2025 for model validation. Result：There were statistically significant differences（P<0.05）between the two groups in terms of age，preoperative GCS score，preoperative brain herniation formation，preoperative hypoxia，preoperative hemoglobin，ventricular morphology，ISS score，hematoma location，and midline deviation；Logistic regression analysis found that age ≥ 60 years old，preoperative GCS score ≤ 8 points，preoperative brain herniation formation，preoperative hypoxia，preoperative low hemoglobin，disappearance of ventricular morphology，ISS score ≥ 25 points，hematoma location（mixed），and midline deviation are risk factors for postoperative complications in patients undergoing craniotomy with bone flap replacement（P<0.05）；The C-index of the Nomogarm prediction model is 0.891，and the validation absolute error is 0.005，indicating that the Nomogarm prediction model has high predictive performance. Conclusion：By constructing a predictive model for the placement of bone flaps during traumatic brain injury surgery，the postoperative prognosis of patients with bone flap placement during traumatic brain injury surgery can be determined，and the surgical plan can be adjusted reasonably to improve the patient's prognosis.

[Key words] Craniocerebral injury surgery；Returning bone flaps；Prediction model construction

颅脑损伤是直接或间接暴力作用于头部引起的损伤，可导致头皮、颅骨、脑组织损害，具有较高的残疾率和死亡率，威胁患者的生命健康安全[1]。目前临床对于重度颅脑损伤患者主要是采取手术治疗，其中去骨瓣减压术可以有效清除脑血肿、降低颅内压，从而改善患者的神经功能损伤程度，降低患者的残疾率[2-3]。但是去骨瓣减压术也会导致颅骨缺损，因此近些年来多采取还纳骨瓣手术。但是还纳骨瓣术后仍旧可能出现较多的并发症，影响患者的预后情况[4]。因此需要构建有效的预测模型，从而合理筛查高危患者，合理调整手术方法，改善患者的预后情况[5]。为了观察颅脑损伤手术中还纳骨瓣预测模型的应用价值，文章研究如下。

1.资料与方法

1.1 临床资料

选取 2022 年 1 月–2024 年 12 月 411 例颅脑损伤手术患者，男 213 例，女 198 例；年龄为 12~79 岁，平均为（55.6±4.6）岁。根据患者手术方案分组分为观察组（术中还纳骨瓣）与对照组（术中去骨瓣）。

1.2 方法

1.2.1 手术方法

两组患者均行大骨瓣开颅术，以清除颅内血肿及失活脑组织，开放侧裂池。对照组在开颅后可见严重脑损伤，且脑组织明显肿胀，决定行硬膜减张缝合后去除骨瓣。观察组在清除颅内血肿后，因原发脑组织损伤较轻，且脑搏动良好，脑肿胀程度不严重，决定将骨瓣回纳。两组术后均采取降颅内压、预防血肿形成等对症处理措施。

1.2.2 还纳骨瓣的影响因子分析

整理两组患者的一般资料，包括年龄、性别、术前 GCS 评分、术前脑疝形成、术前缺氧、术前 CRP、术中低血压、手术时间、术后并发症等。比较两组临床资料差异，并通过 logistics 回归分析影响颅脑损伤手术中还纳骨瓣的相关因

子。

1.2.3 模型构建及验证

选择 Logistic 回归分析提示为独立影响因素的因子，纳入 Nomogarm 预测模型，构建颅脑损伤手术还纳骨瓣预测模型。收集 2025 年 1 月–2025 年 4 月接受颅脑损伤手术中还纳骨瓣患者的临床资料进行预测模型验证，基于临床意义或文献支持选取与结局相关的预测因子，分类变量需编码为因子，连续变量检查正态性数据预处理，插补法或删除高缺失率变量，70%训练集建模，30%验证集测试泛化性，基于逻辑回归、Cox 回归等统计方法，将年龄、性别、实验室指标等变量纳入分析。

1.3 统计学分析

采用 SPSS22.0 统计学软件进行统计学分析，通过 Logistic 回归模型做多因素分析，利用 Nomogarm 构建预测模型，$P<0.05$ 时为差异有统计学意义。

2.结果

2.1 两组临床资料差异

两组在年龄、术前 GCS 评分、术前脑疝形成、术前缺氧、术前血红蛋白、脑室形态消失、ISS 评分≥25 分、血肿部位、中线偏移等方面的差异有统计学意义（$P<0.05$），见表 1。

2.2logistics 回归分析

logistics 回归分析发现，年龄≥60 岁、术前 GCS 评分≤8 分、术前脑疝形成、术前缺氧、术前血红蛋白偏低、脑室形态消失、ISS 评分≥25 分、血肿部位（混合性）、中线偏移是影响颅脑损伤手术中选择还纳骨瓣的危险因素（$P<0.05$），见表 2。

表 1 TBI 手术中还纳骨瓣的单因素分析

因素		观察组（n=143）	对照组（n=268）	X^2 值	P 值
年龄	<60 岁	38	180	61.681	<0.001
	≥60 岁	105	88		
性别	男	73	140	0.053	0.818
	女	70	128		
术前 GCS 评分	>8 分	98	68	72.139	<0.001
	≤8 分	45	200		
术前脑疝形成	有	21	135	50.429	<0.001
	无	122	133		
术前缺氧	有	20	100	24.546	<0.001
	无	123	168		
术前血红蛋白	正常	114	161	16.255	<0.001
	偏低	29	107		
脑基地池形态	清晰	107	89		
	受压	30	103	69.928	<0.001
	消失	6	76		
ISS 评分	<25 分	120	88	97.333	<0.001
	≥25 分	23	180		
血肿部位	硬膜下	87	106		
	脑内	40	62	32.425	0.000
	混合性	16	100		
中线偏移	有	56	182	31.619	<0.001
	无	87	86		
清除血肿后组织状态	高于颅骨内板	23	98	1.058	0.304
	低于颅骨内板	120	170		
清除血肿后脑搏动	良好	76	160	4.704	0.095
	减弱	57	80		
	消失	10	28		
脑室外引流术	有	70	128	0.053	0.818
	无	73	140		

表 3 logistics 回归因素分析结果

相关因素	β 值	95%CI	OR 值	P 值
年龄≥60 岁	1.136	1.1231~5.7423	5.131	0.003
术前 GCS 评分≤8 分	1.032	1.2345~6.5342	2.265	0.004
术前脑疝形成	1.165	1.0215~6.3543	5.116	0.005
术前缺氧	1.368	1.1542~5.8974	5.024	0.004
术前血红蛋白偏低	1.456	1.1051~5.9687	5.136	0.003
脑室形态消失	1.220	1.1568~6.1345	5.265	0.006
ISS 评分≥25 分	1.368	1.1054~5.9968	5.168	0.004
血肿部位（混合性）	1.326	1.1154~5.9684	5.146	0.005
中线偏移	1.063	1.0098~6.1325	5.326	0.044

2.3Nomogarm 预测模型的预测效能

将 Logistic 回归分析筛选出的骨瓣还纳影响因素作为预

测因子，构建 Nomogarm 预测模型，预测模型的 C 指数为 0.891，验证绝对误差为 0.005，由此推断 Nomogarm 预测模型具有较高的预测性能。

3.讨论

颅脑损伤是急诊创伤的常见类型，在全身创伤中的比重为 9~21%[6]。颅脑损伤可导致意识障碍、头痛、恶心呕吐、抽搐等症状，若不及时救治，可导致脑水肿、脑疝，甚至死亡[7]。因此需要及时采取有效的救治措施。过去临床对于重症颅脑损伤患者主要是采取去骨瓣减压术治疗，但是部分患者可还纳骨瓣，避免不必要的手术创伤[8-9]。但是部分患者还纳骨瓣后出现脑积水、脑水肿、癫痫等并发症，总体预后不够理想[10]。因此因此需要深入分析相关影响因素并构建相应的预测模型，筛查高危患者，合理调整手术方案，从而改善患者的预后情况。

本次研究 logistics 回归分析发现，年龄≥60 岁、术前 GCS 评分≤8 分、术前脑疝形成、术前缺氧、术前血红蛋白、脑室形态消失、ISS 评分≥25 分、颅内血肿类型、中线偏移是颅脑损伤手术中还纳骨瓣相关因素（$P<0.05$），这主要是由于：①年龄：随着年龄的增长，机体功能逐步衰退，因此老年患者对于手术的耐受度下降，还纳骨瓣更容易发生术后并发症。②术前 GCS 评分：Glasgow 昏迷评分（GCS）是评估危重症患者意识状况的常用工具，GCS 评分≤8 分通常为重度昏迷，病情危重，此类患者更容易发生术后并发症[11-12]。③术前脑疝形成：脑疝是由于颅内压过高导致部分脑组织被挤压到其他部位，多发生于重症颅脑损伤患者，具有病情进展速度快的特点[13]。此类患者的预后相对较差，因此还纳骨瓣的风险较高。④术前缺氧：脑组织缺氧可导致不可逆性损伤，甚至诱发脑死亡。术前缺氧患者的神经功能损害严重程度更高，因此并发症发生风险高[14]。⑤术前血红蛋白：血红蛋白可以评估机体有无贫血，术前血红蛋白低提示患者贫血，会影响患者的抵抗力，增加感染风险，还纳骨瓣风险更高[15]。⑥脑室形态：脑池形态与急性头部损伤伤情和预后有密切的相关性，脑室形态消失说明患者的伤情严重，因此还纳骨瓣风险更高。⑦ISS 评分：该评分可以评估患者的伤情状况，评分≥25 分提示患者伤情严重，还纳骨瓣的手术风险较高。⑧血肿部位：颅内血肿部位与还纳骨瓣术后风险有关，同时存在硬膜外和脑内的混合性血肿，还纳骨瓣的术后风险较高。⑨中线偏移：脑中线偏移通常会导致脑积水，若还纳骨瓣会增加术后并发症发生风险。

Nomogarm 预测模型主要是借助 R 语言进行数据分析，从而预测手术风险，制定科学的手术方案。本次研究中：Nomogarm 预测模型的 C 指数为 0.891，验证绝对误差为 0.005，由此推断 Nomogarm 预测模型具有较高的预测性能，可以在患者术前进行预测，制定个性化治疗方案，降低手术风险。

综上所述，通过构建颅脑损伤手术中还纳骨瓣的预测模型，可以判断颅脑损伤手术中是否进行还纳骨瓣，从而合理调整手术方案，改善患者的预后情况。

参考文献：

[1]贾振岭，徐冬静，李佳，等. 颅脑外伤患者去骨瓣减压术后短期内新发出血多指标联合预警模型的构建与验证[J]. 中国实用神经疾病杂志，2025，28（3）：284-288.
[2]李刚，王保全，赵斌. 改良去骨瓣减压术治疗重型颅脑外伤的效果分析[J]. 大医生，2025，10（5）：65-67.
[3]JAIN C，DEVI B I，BHAT D I，et al.Hinge Craniotomy for Traumatic Brain Injury：Surgical Technique[J].Indian Journal of Neurosurgery，2024，13（3）：282.
[4]SOLOMOU G M，SUNNY J，MOHAN M M，et al.Decompressive craniectomy in trauma：What you need to know[J].The Journal of Trauma and Acute Care Surgery，2024，97（4）：490-496.
[5]董虹廷，涂怡清，于东，等. 去骨瓣减压术后不同时机行颅骨修补术治疗重型颅脑损伤的临床观察[J]. 实用中西医结合临床，2025，25（4）：61-64.
[6]楼洁坡，潘金龙. 重型颅脑损伤去骨瓣减压早期颅骨修补的疗效研究[J]. 浙江创伤外科，2024，29（10）：1903-1905.
[7]ACEVEDO-AGUILAR，LAURA，GAITAN-HERRERA，GUSTAVO，REINA-RIVERO，RANDY，et al. Pulmonary injury as a predictor of cerebral hypoxia in traumatic brain injury：from physiology to physiopathology[J]. Journal of neurosurgical sciences，2022，66（3）：251-257.
[8]DOWLATI E，PASKO KBD，MOLINA EA，et al. Decompressive hemicraniectomy and cranioplasty using subcutaneously preserved autologous bone flaps versus synthetic implants：perioperative outcomes and cost analysis[J]. J Neurosurg，2022，137（6）：1831-1838.
[9]祝秋实，薛鹏飞. 去骨瓣减压术后早期行颅骨修补术对颅骨缺损患者神经功能及预后的影响[J]. 中国伤残医学，2024，32（24）：1-4，34.
[10]吴新潮，柴清喜，李建军，等. 重型颅脑损伤去骨瓣减压术后不同时机颅骨缺损修补近期效果和安全性对比研究[J]. 河南外科学杂志，2024，30（2）：29-31.
[11]NBERTOTTI MM，MARTINS ET，AREAS FZ，et al. Glasgow coma scale pupil score（GCS-P）and the hospital mortality in severe traumatic brain injury：analysis of 1，066 Brazilian patients[J]. Arq Neuropsiquiatr，2023，81（5）：452-459.
[12]王盼，石泽亚，高敏，等.GCS，Rotterdam CT 评分联合中重度创伤性脑损伤并发症对其预后的预测价值[J].湖南师范大学学报（医学版），2024，21（6）：79-84.
[13]谭波，张钺，杨佳强，等.创伤性脑疝患者去骨瓣减压术后脑积水危险因素分析以及贝叶斯网络模型构建[J].中国现代神经疾病杂志，2024，24（6）：442-449.
[14]朱春兰，李晓玉，罗静枝，等.重型颅脑损伤患者阶梯式减压策略下行去骨瓣减压术的应用效果及术中急性脑膨出的影响因素分析[J].现代生物医学进展，2022，22（22）：4320-4325.
[15]熊雨轩，才智，廖晋，等.重型创伤性脑损伤患者术后发生重度肺部感染的相关危险因素及预测效能分析[J].中华创伤杂志，2024，40（05）：405-410.