

doi:10.3969/j.issn.1005-3697.2023.08.021

❖ 临床研究 ❖

# 自体骨、定制钛网及聚醚醚酮对创伤性颅脑损伤后颅骨修补术患者的疗效及预后

杨有文, 黄宗涛, 刘洋

(甘肃省中医院神经外科, 甘肃 兰州 730030)

**【摘要】**目的: 探讨自体骨、定制钛网及聚醚醚酮(PEEK)对创伤性颅脑损伤后颅骨修补术患者的疗效及预后。方法: 选取 80 例创伤性颅脑损伤患者为研究对象, 依据颅骨修补术应用材料不同将患者分为自体骨组( $n=23$ )、钛网组( $n=28$ )及 PEEK 组( $n=29$ )。自体骨组患者应用自体骨修补; 钛网组应用定制钛网修补; PEEK 组患者应用 PEEK 修补。比较各组患者围手术期相关指标(手术时间、手术出血量、住院时间及住院费用)、并发症发生情况、手术前神经功能及健康状况[格拉斯哥预后量表(GOS)评分及 Karnofsky 功能状态(KPS)评分]、术后 12 个月修复失败率。结果: 各组患者手术时间、手术出血量比较, 差异无统计学意义( $P>0.05$ ); PEEK 组患者住院时间、住院费用高于自体骨组与钛网组( $P<0.05$ ), 自体骨组与钛网组比较, 差异无统计学意义( $P>0.05$ )。各组患者术后植入物松动、硬膜外血肿、切口愈合延迟、头皮感染、骨质吸收等并发症发生率比较, 差异均无统计学意义( $P>0.05$ ); PEEK 组患者皮下积液发生率低于自体骨组与钛网组( $P<0.05$ )。各组患者手术 GOS 评分及 KPS 评分均较术前升高( $P<0.05$ ), 但组间比较, 差异无统计学意义( $P>0.05$ )。各组患者 12 个月修复失败率比较, 差异无统计学意义( $P>0.05$ )。结论: 创伤性颅脑损伤后颅骨修补术应用自体骨、定制钛网、PEEK 疗效相当, 但自体骨及定制钛网在缩短住院时间及减少住院费用上优势明显, 而 PEEK 有助于减少皮下积液发生率, 临床可根据患者情况选择合适修补材料。

**【关键词】** 自体骨; 定制钛网; 聚醚醚酮; 创伤性颅脑损伤; 颅骨修补术

**【中图分类号】** R651.1 **【文献标志码】** A

## Influence of autogenous bone, customized titanium mesh and polyether ether ketone on surgical effect and prognosis in patients with traumatic craniocerebral injury after cranioplasty

YANG You-wen, HUANG Zong-tao, LIU Yang

(Department of Neurosurgery, Gansu Provincial Hospital of Traditional Chinese Medicine, Lanzhou 730030, Gansu, China)

**【Abstract】 Objective:** To explore the influences of autogenous bone, customized titanium mesh and polyether ether ketone (PEEK) on surgical effect and prognosis in patients with traumatic craniocerebral injury after cranioplasty. **Methods:** 80 patients with traumatic craniocerebral injury were selected as the research subjects. According to different used materials in cranioplasty, patients treated with autogenous bone, customized titanium mesh and PEEK were included in autogenous bone group ( $n=23$ ), titanium mesh group ( $n=28$ ) and PEEK group ( $n=29$ ). The perioperative indexes (surgical time, surgical bleeding volume, hospital stay, and hospitalization expenses), incidence of complications, preoperative neurological function and health status [Glasgow Outcome Scale (GOS) score and Karnofsky Performance Scale (KPS) score], and repair failure rate at 12 months after surgery in each group of patients were compared among the groups. **Results:** There was no significant difference in operation time and intraoperative blood loss among the groups ( $P>0.05$ ). The hospitalization time and hospitalization cost in PEEK group were higher than those in autogenous bone group and titanium mesh group ( $P<0.05$ ), but there was no significant difference between autogenous bone group and titanium mesh group ( $P>0.05$ ). There was no significant difference in the incidence of postoperative complications (implant loosening, epidural hematoma, delayed incision healing, scalp infection, bone absorption) among the groups ( $P>0.05$ ). The incidence of subcutaneous effusion in PEEK group was lower than that in autologous bone group and titanium mesh group ( $P<0.05$ ). After surgery, scores of GOS and KPS in the three groups were increased ( $P<0.05$ ), but there was no significant difference among the three groups ( $P>0.05$ ). There was no significant difference in repair failure rate at 12 months after surgery among the groups ( $P>0.05$ ). **Conclusion:** The curative effect of autogenous bone, customized titanium mesh and PEEK is comparable in patients with traumatic craniocerebral injury after cranioplas-

ty. However, autogenous bone and customized titanium mesh have significant advantages in shortening hospitalization time and reducing hospitalization cost, while PEEK is beneficial to reduce the incidence of subcutaneous effusion. In clinical practice, suitable materials can be selected according to patients' situations.

**【Key words】** Autogenous bone; Customized titanium mesh; Polyether ether ketone; Traumatic craniocerebral injury; Cranioplasty

创伤性颅脑损伤患者多伴有顽固性颅高压,需要接受去骨瓣减压术以改善颅高压病情,但较易导致患者出现颅骨缺损<sup>[1]</sup>。研究<sup>[2]</sup>显示,颅骨缺损不仅会导致颅内结构在外界压力下作用下移位及变性,导致可逆性局部出血及肢体瘫痪发生,还会使脑脊液循环、脑组织灌注、脑电活动等发生变化,严重影响患者生命安全及生活质量。颅骨缺损除了接受对症治疗外,颅骨修补术是最根本治疗手段,有助于缓解颅骨缺损所致症状,保护脑组织,并改善颅脑美观度<sup>[3]</sup>。临床颅骨修补术常用材料主要包括自体骨、钛网、聚醚醚酮(polyetheretherketone, PEEK)等,不同材料疗效及安全性均存在一定差异<sup>[4-5]</sup>,目前临床对于采用何种材料尚未有统一意见。本研究旨在探讨自体骨、定制钛网及 PEEK 对创伤性颅脑损伤后颅骨修补术患者的疗效及预后。

## 1 资料和方法

### 1.1 一般资料

选取 2018 年 12 月至 2021 年 12 月甘肃省中医院收治的 80 例创伤性颅脑损伤患者为研究对象,依据颅骨修补术应用材料不同将患者分为自体骨组( $n=23$ )、钛网组( $n=28$ )及 PEEK 组( $n=29$ )。本研究经伦理委员会审核批准,患者及家属知情同意。各组患者一般资料比较,差异无统计学意义( $P>0.05$ )。见表 1。纳入标准:(1)创伤性颅脑损伤患者,临床表现及影像学检查证实患者病情;(2)患者单侧颅骨缺损,接受颅骨修补术,且修补材料为自体骨、定制钛网或者 PEEK;(3)年龄范围 19~71 岁;(4)患者各项资料完整。排除标准:(1)合并严重器质性病变者;(2)近期接受骨瓣减压术、头皮皮瓣转移术及旁路手术者;(3)颅骨缺损部位营养不良或者出现瘢痕增生者;(4)未控制颅内感染或者其他感染者;(5)接受其他方式治疗者。

表 1 各组患者一般资料比较( $\bar{x} \pm s$ )

组别	男/女(例)	年龄(岁)	体质量指数 ( $\text{kg}/\text{m}^2$ )	颅骨缺损 面积( $\text{cm}^2$ )	左侧/右侧 缺损(例)
自体骨组( $n=23$ )	13/10	49.39 $\pm$ 10.95	23.96 $\pm$ 3.11	45.29 $\pm$ 10.19	8/15
钛网组( $n=28$ )	16/12	50.21 $\pm$ 10.73	23.64 $\pm$ 3.04	42.91 $\pm$ 9.33	10/18
PEEK 组( $n=29$ )	17/12	49.82 $\pm$ 10.66	23.85 $\pm$ 3.25	43.84 $\pm$ 9.92	13/16
$F/\chi^2$ 值	0.025	0.037	0.070	0.375	0.713
$P$ 值	0.987	0.964	0.933	0.689	0.700

### 1.2 方法

患者均接受全身麻醉,进行气管插管后取头偏向未缺损一侧卧位。沿着手术原切口将头皮切开,将皮瓣分离以使颅骨缺损显露,需要达至其附近正常骨缘,随后分离颞肌至颞部下缘颅骨缺损位置,对创面进行止血处理。PEEK 组患者应用 PEEK 材料进行颅骨修补,术前塑形 PEEK 材料放置在颅骨缺损骨窗附近,贴敷满意后 PEEK 材料应用数枚颅骨锁固定在颅骨缺损骨窗附近,并在中间进行硬脑膜悬吊,颞肌行缝合处理,材料外放置引流管 1 根,将切口关闭,48 h 内行引流管拔除。钛网组患者应用定制钛网进行颅骨修复,手术期间补片覆盖骨窗,边界采用钛钉固定在颅骨,余下手术步骤同 PEEK 组。自体骨组患者应用自体骨进行颅骨修复,自体骨组在进行去骨瓣术后将颅骨转移至  $-18\text{ }^\circ\text{C}$  临时保存,在 7 d 内将颅骨浸泡在无菌营养液中,并在专门设置骨库中  $-80\text{ }^\circ\text{C}$  环境中冻存,在修补手术当日取出,手术前采用  $37\text{ }^\circ\text{C}$  氯化钠溶液(0.9%)浸泡 30 min,营养液送至检验科进行细菌培养,具体修复手术步骤同 PEEK 组。各组患者手术均由同一医师负责。

### 1.3 观察指标

(1)围手术期相关指标:包括手术时间、手术出血量、住院时间、住院费用等。(2)并发症发生情况:包括术后植入物松动、硬膜外血肿、皮下积液、切口愈合延迟、头皮感染、骨质吸收等。(3)神经功能及健康状况:术前与术后 6 个月分别采用格拉斯哥预后量表(glasgow outcome scale, GOS)<sup>[6]</sup>及 Karnofsky 功能状态评分(karnofsky performance status, KPS)<sup>[7]</sup>进行评估,总分分别为 15 分及 100 分,分数越高表示患者神经功能或者健康状况越佳。(4)修复失败率:手术后 12 个月统计。修复失败为颅骨成型后出现深部或浅表感染,或修复体暴露。

### 1.4 统计学分析

采用 SPSS20.0 软件对数据进行分析与处理。计量资料符合正态分布且方差齐性,以( $\bar{x} \pm s$ )表示,组内比较采用配对样本  $t$  检验,多组间比较采用方差分析,两两比较采用 SNK- $q$  检验;计数资料以 [ $n(\%)$ ] 表示,组间比较采用独立样本  $\chi^2$  检验。 $P<0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 各组患者围手术期相关指标比较

各组患者手术时间、手术出血量比较,差异无统

计学意义 ( $P > 0.05$ )。PEEK 组患者住院时间、住院费用高于自体骨组与钛网组 ( $P < 0.05$ )，自体骨组与钛网组比较，差异无统计学意义 ( $P > 0.05$ )。见表 2。

表 2 各组患者围手术期相关指标比较 ( $\bar{x} \pm s$ )

组别	手术时间 (min)	手术出血量 (mL)	住院时间 (d)	住院费用 (万元)
自体骨组 ( $n=23$ )	68.53 ± 11.19	129.53 ± 30.64	10.83 ± 3.27 *	7.11 ± 1.38 *
钛网组 ( $n=28$ )	69.32 ± 12.27	130.38 ± 29.81	10.64 ± 3.42 *	7.19 ± 1.42 *
PEEK 组 ( $n=29$ )	68.72 ± 10.36	132.85 ± 31.49	19.33 ± 3.11	12.64 ± 1.71
F 值	0.035	0.084	64.138	120.222
P 值	0.965	0.920	<0.001	<0.001

\*  $P < 0.05$ , 与 PEEK 组比较。

## 2.2 各组患者并发症发生情况比较

各组患者术后术后植入物松动、硬膜外血肿、切口愈合延迟、头皮感染、骨质吸收等并发症发生率比较，差异均无统计学意义 ( $P > 0.05$ )。PEEK 组患者皮下积液发生率低于自体骨组与钛网组 ( $P < 0.05$ )。见表 3。

表 3 各组患者并发症发生率比较 [ $n(\%)$ ]

组别	术后植入物松动	硬膜外血肿	皮下积液	切口愈合延迟	头皮感染	骨质吸收
自体骨组 ( $n=23$ )	0(0.00)	1(4.35)	6(26.09) *	1(4.35)	2(8.70)	1(4.35)
钛网组 ( $n=28$ )	1(3.57)	0(0.00)	7(25.00) *	1(3.57)	0(0.00)	1(3.57)
PEEK 组 ( $n=29$ )	1(3.45)	1(3.45)	0(0.00)	1(3.45)	0(0.00)	2(6.90)
$\chi^2$ 值	0.829	1.147	8.837	0.033	5.084	0.360
P 值	0.661	0.564	0.012	0.984	0.079	0.835

\*  $P < 0.05$ , 与 PEEK 组比较。

## 2.3 各组患者神经功能及健康状况比较

各组患者手术后 GOS 及 KPS 评分均较手术前升高 ( $P < 0.05$ )。见表 4。

表 4 各组患者手术前后功能评分比较 ( $\bar{x} \pm s$ , 分)

组别	GOS 评分	KPS 评分
自体骨组 ( $n=23$ )		
术前	4.19 ± 1.01	39.78 ± 4.92
术后	5.28 ± 1.17 *	63.29 ± 5.11 *
钛网组 ( $n=28$ )		
术前	4.22 ± 0.98	40.81 ± 4.72
术后	5.33 ± 1.21 *	62.73 ± 4.45 *
PEEK 组 ( $n=29$ )		
术前	4.13 ± 1.05	39.22 ± 4.67
术后	5.36 ± 1.25 *	60.29 ± 3.82 *

\*  $P < 0.05$ , 与组内手术前相比。

## 2.4 各组患者修复失败率比较

各组患者术后 12 个月修复失败率比较，差异无统计学意义 ( $P > 0.05$ )。见表 5。

表 5 各组患者修复失败率比较 [ $n(\%)$ ]

组别	修复失败
自体骨组 ( $n=23$ )	2(8.70)
钛网组 ( $n=28$ )	1(3.57)
PEEK 组 ( $n=29$ )	0(0.00)
$\chi^2$ 值	2.691
P 值	0.260

## 3 讨论

颅骨修补术可以恢复颅脑密闭性，保护脑组织免受伤害，改善血流灌注及神经功能，还可以恢复颅脑美观度<sup>[8]</sup>。理想颅骨修复材料应该具有优异的骨传导性、生物相容性、骨诱导性及与颅骨结构相似性，同时还应该具有价格便宜、易操作及易塑形等特点<sup>[9]</sup>。自体骨尽管具有理想颅骨修补材料所有优点，且不会导致排斥反应，但是由于取骨后保存条件高，患者术后会因骨瓣松动而需行二次手术<sup>[10]</sup>。随着组织工程及医学技术发展，各种合成颅脑修复材料相继出现，如何选择颅脑修复材料成为患者手术关键。

本研究结果显示，各组患者手术时间、手术出血量比较，差异无统计学意义 ( $P > 0.05$ )，原因可能是无论应用哪种修补材料，患者手术均需要进行皮肤瓣分离、保证硬脑膜完整性、放置颅骨修复材料、留置皮下引流管及关颅后逐层缝合。此外，各组患者手术后 GOS、KPS 评分均较手术前升高 ( $P < 0.05$ )，但各组间差异无统计学意义 ( $P > 0.05$ )，且各组患者 12 个月修复失败率差异无统计学意义 ( $P > 0.05$ )，说明 3 种材料在外伤性颅脑损伤颅骨修复术的应用效果相当。自体骨修复具有优异骨引导性及骨诱导性，在与正常颅骨融合后可以一同生长，无任何排异反应。此外，自体骨中含有骨分化所需的间充质干细胞及生长因子，可以诱导新骨形成，且自体骨含有天然多孔间隙也为骨细胞爬行及生长提供了有利条件，有助于新骨形成<sup>[11]</sup>；钛网材料具有生物相容性优异、耐腐蚀、质轻等优势，定制钛网依据 CT 扫描参数进行数字化成像处理，对颅骨缺损部位进行图像重建，获得缺损骨部位信息后进行三维钛网定制，尽量通过修补材料使患者损伤颅骨解剖形态恢复<sup>[12]</sup>；PEEK 是一种新型颅骨修复材料，可以高效完成颅骨解剖重建，促进颅骨外形稳定自然恢复，且材料性能无限接近人体骨，具有质地坚固、无毒、耐高温、生物相容性优异的优势<sup>[13]</sup>。王湘等<sup>[14]</sup>研究结果也显示，自体骨、钛网、PEEK 用于颅骨缺损修复术后 6 个月患者 KPS 评分差异无统计学意义

( $P > 0.05$ ), 3种材料对于颅骨缺损修复效果相当 ( $P > 0.05$ )。尽管本研究结果证实3种材料在患者颅骨缺损骨修复中效果相当,但是PEEK组住院时间、住院费用高于自体骨组与钛网组 ( $P < 0.05$ )。PEEK住院时间较长可能是由于PEEK修补材料制作时间相对较久,PEEK作为新型材料,其材料成本费相对较高<sup>[15]</sup>,可能是目前PEEK应用受限的主要原因。曾春等<sup>[16]</sup>研究结果也显示,颅骨修补术中应用钛网患者住院时间及住院费用均明显低于应用PEEK患者。颅骨修补材料安全性一直是临床研究者关注重点问题,本研究结果证实各组患者术后植入物松动、硬膜外血肿、切口愈合延迟、头皮感染、骨质吸收等并发症发生率相当,但是PEEK组患者皮下积液发生率显著低于自体骨组与钛网组,可见PEEK可能有助于减少患者术后皮下积液并发症发生。姚舜等<sup>[17]</sup>研究结果也显示,应用PEEK患者皮下积液发生率低于钛网组,可能与钛网作为金属材料,其网状结构会使覆盖皮瓣受到磨损,进而使手术部位渗液增多有关。

综上,创伤性颅脑损伤颅脑修复患者应用自体骨、定制钛网及PEEK手术效果相当,尽管PEEK有助于减少皮下积液并发症发生,但是在缩短患者住院时间及减少住院费用上优势不及自体骨与定制钛网,临床上应用时可以依据患者实际情况选择合适手术材料。

#### 参考文献

- [1] Capizzi A, Woo J, Verdusco-Gutierrez M. Traumatic brain injury: an overview of epidemiology, pathophysiology, and medical management[J]. *The Medical Clinics of North America*, 2020, 104(2):213-238.
- [2] Yi M, Dai X, Li Q, et al. Downregulated lncRNA CRNDE contributes to the enhancement of nerve repair after traumatic brain injury in rats[J]. *Cell Cycle*, 2019, 18(18):2332-2343.
- [3] Shepetovsky D, Mezzini G, Magrassi L. Complications of cranioplasty in relationship to traumatic brain injury: a systematic review and meta-analysis [J]. *Neurosurgical Review*, 2021, 44(6):3125-3142.
- [4] 胡均贤,赵德英,王雷,等. 3D打印数字化塑形聚醚醚酮和钛

网颅骨修补后并发症异同和应用改进[J]. *中国组织工程研究*, 2022, 26(21):3327-3331.

- [5] Signorelli F, Della Pepa GM, Marziali G, et al. Bedside ultrasound for ventricular size monitoring in patients with PEEK cranioplasty: a preliminary experience of technical feasibility in neurotrauma setting[J]. *Neurocritical Care*, 2022, 37(3):705-713.
- [6] McMillan T, Wilson L, Ponsford J, et al. The Glasgow Outcome Scale—40 years of application and refinement [J]. *Nature Reviews Neurology*, 2016, 12(8):477-485.
- [7] Terret C, Albrand G, Moncenix G, et al. Karnofsky Performance Scale (KPS) or Physical Performance Test (PPT)? That is the question [J]. *Critical Reviews in Oncology/Hematology*, 2011, 77(2):142-147.
- [8] Henry J, Amoo M, Murphy A, et al. Complications of cranioplasty following decompressive craniectomy for traumatic brain injury: systematic review and meta-analysis [J]. *Acta Neurochirurgica*, 2021, 163(5):1423-1435.
- [9] 周剑云,张新,高海滨,等. 聚醚醚酮与钛网治疗去骨瓣减压术后颅骨缺损效果的对比分析[J]. *中国微侵袭神经外科杂志*, 2021, 26(1):7-10.
- [10] 杨纪明,王杰,张波,等. 自体颅骨在颅骨缺损修补术中的应用价值[J]. *中国实用神经疾病杂志*, 2018, 21(5):504-506.
- [11] 张莹,朱文昱,王为华,等. 自体颅骨和三维塑形钛网颅骨成形术应用不同抗菌药物预防效果的比较[J]. *中国药物应用与监测*, 2021, 18(6):355-358.
- [12] 范英俊,邱治春,苗树船,等. 三维塑形钛网与超低温保存自体颅骨在早期颅骨修补术中的临床效果观察[J]. *实用医院临床杂志*, 2019, 16(5):170-172.
- [13] Millward CP, Doherty JA, Mustafa MA, et al. Cranioplasty with hydroxyapatite or acrylic is associated with a reduced risk of all-cause and infection-associated explantation [J]. *British Journal of Neurosurgery*, 2022, 36(3):385-393.
- [14] 王湘,黄浩,王海全,等. 自体颅骨、钛网与聚醚醚酮修补颅骨缺损的临床应用分析[J]. *临床和实验医学杂志*, 2021, 20(15):1643-1647.
- [15] Henry J, Amoo M, Taylor J, et al. Complications of cranioplasty in relation to material: systematic review, network meta-analysis and meta-regression [J]. *Neurosurgery*, 2021, 89(3):383-394.
- [16] 曾春,金柯含,李凯,等. 聚醚醚酮与钛网在颅骨修补术中的应用分析[J]. *中华神经外科杂志*, 2021, 37(12):1219-1222.
- [17] 姚舜,黎依琳,张祺愉,等. 聚醚醚酮及钛网用于颅骨修补术后并发症及危险因素分析[J]. *中国实用神经疾病杂志*, 2021, 24(18):1565-1574.

(收稿日期:2023-02-01

修回日期:2023-04-01)