

· 论 著 ·

3D 打印 PEEK 材料在儿童颅骨成形术中的应用

李会兵 李永事 杨慧慧 金 鑫

【摘要】目的 探讨 3D 打印聚醚醚酮(PEEK)材料在儿童颅骨成形术中的应用效果。**方法** 回顾性分析 2017 年 1 月至 2019 年 6 月使用 3D 打印 PEEK 材料进行颅骨成形术治疗的 31 例儿童颅骨缺损的临床资料。**结果** 所有患儿切口愈合良好,术后 7~9 d 拆线,头型美观,双侧基本对称。术后无感染、死亡、二次手术病例,1 例出现硬膜下积液、1 例出现皮瓣压伤。术后随访 3 个月至 2 年,CT 复查显示颅骨双侧均对称良好,无癫痫发作、迟发型排斥反应、迟发型皮下积液、植入物外露、变形、移位等情况。**结论** 3D 打印 PEEK 材料,和颅骨吻合精度高,对称性好,有良好的生物相容性和生物力学特性,是一种良好的儿童颅骨成形术的材料。

【关键词】 颅骨成形术;儿童;聚醚醚酮(PEEK);3D 打印技术

【文章编号】 1009-153X(2023)05-0328-03 **【文献标志码】** A **【中国图书资料分类号】** R 651.1*1

Application of three-dimensional-printed polyetheretherketone (PEEK) in pediatric cranioplasty

LI Hui-bing¹, LI Yong-shi¹, YANG Hui-hui², JIN Xin¹. 1. Department of Neurosurgery, Guangdong 999 Brain Hospital, Guangzhou 510000, China; 2. Department of Ultrasonography, The Third Affiliated Hospital of Guangzhou Medical University, Guangzhou 510000, China

【Abstract】 Objective To explore the application value of three-dimensional-printed polyetheretherketone (PEEK) in pediatric cranioplasty. **Methods** The clinical data of 31 children underwent cranioplasty using three-dimensional-printed PEEK from January 2017 to June 2019 were retrospectively analyzed. **Results** Incision healing was good in all children, and stitches were removed 7~9 days after surgery. The head shape was good in all children. There were no postoperative infections, deaths or secondary operations. Subdural effusion and flap compression injury occurred in 1 patient, respectively. At the last follow-up (range, 3 months~2 years), CT showed good symmetry on both sides of the skull. There were no seizures, delayed rejection, delayed subcutaneous effusion, implant exposure, deformation, or displacement. **Conclusions** Three-dimensional-printed PEEK is a good material for cranioplasty in children, which has advantages such as high precision and good symmetry for cranioplasty, and good biocompatibility and biomechanical properties.

【Key words】 Cranioplasty; Children; Polyetheretherketone (PEEK); Three-dimensional printing

儿童颅骨缺损多见于交通事故伤、坠落伤,少数为脑血管病或骨瘤等。多数患儿到学龄期甚至学龄前期,自身及家长因头部外形缺陷、安全隐患、颅骨环锯症状及心理因素而强烈要求行颅骨成形术。目前,临床上应用最广泛的颅骨成形术材料为钛合金网,适用于各个年龄段,包括儿童,但钛网存在易导热、受外力易变形等问题,对活泼好动的儿童来讲,增加临床就诊甚至二次手术几率。聚醚醚酮(polyetheretherketone, PEEK)是一种半晶体线型多环芳族线性聚合物,是一种坚韧、坚硬、生物相容的

材料,弹性和强度阈值非常接近皮质骨,可以很好地保护脑组织^[1]。2017 年 1 月至 2019 年 6 月使用 3D 打印 PEEK 材料进行颅骨成形术 31 例,取得良好的效果,现报道如下。

1 资料与方法

1.1 研究对象 31 例中,男 22 例,女 9 例;年龄 4 岁 5 月~11 岁,平均(6.4±3.5)岁;颅脑损伤 24 例,脑血管病 4 例,颅骨骨瘤 3 例;颅骨缺损时间 7~50 个月;缺损部位在额颞顶部 18 例,额顶部 2 例,额部 1 例,颞顶枕 2 例,额颞部 5 例,顶枕部 3 例;颅骨缺损范围 4 cm×4 cm~8 cm×10 cm。术前检查无手术禁忌症,患儿监护人签署知情同意书及手术同意书,手术由同一组手术医师完成。

1.2 成形材料 术前行薄层 CT 扫描(层厚 1 mm),利用计算机辅助设计出 PEEK 骨板的初步图片并根据患儿具体情况修改,然后,利用 3D 打印技术行 PEEK

doi:10.13798/j.issn.1009-153X.2023.05.011

基金项目:广东省医学科学技术研究基金项目(A2019298)

作者单位:510000 广州,广东三九脑科医院神经外科(李会兵、李永事、金鑫);510000 广州,广州医科大学附属第三医院超声科(杨慧慧)

通讯作者:金鑫, E-mail: jinxin_1217@126.com

的加工定制,定制前签订定制同意书。

1.3 手术方法 全麻下原切口切开头皮,沿颞肌和人工硬膜间隙钝锐结合分离,避免硬膜破损。翻起皮肌瓣暴露完整骨窗。皮瓣及暴露硬膜充分止血,充分比对PEEK材料与骨窗契合,因骨缘增生PEEK板不能完整嵌入者,小磨钻细致磨除颅骨边缘,可吸收缝线于骨窗、硬膜上多针悬吊固定于PEEK材料上。以5枚PEEK钉固定材料于颅骨上。皮瓣下留置引流管皮下隧道3~5 cm穿出。间断缝合肌肉,可吸收线缝合皮下组织,丝线缝合皮肤。

2 结果

所有患儿切口愈合良好,术后7~9 d拆线,头型美观,双侧基本对称。1例有皮下积液,抽吸后加压包扎,动态CT复查,出院时基本吸收;1例因包扎过紧,出现皮瓣轻度压伤,红外线理疗后改善。术后随访3个月至2年,CT复查显示颅骨双侧均对称良好(图1),无癫痫发作、迟发型排斥反应、迟发型皮下

积液、植入物外露、变形、移位等情况。

3 讨论

儿童去骨瓣减压术后,因无颅骨保护导致患侧脑血管扩张,脑代谢率下降^[2],进而脑皮层萎缩及囊变,影响脑组织的正常发育;大气压直接作用于骨窗处,患儿容易出现头痛,甚至癫痫;对于学龄儿童,易出现上课注意力涣散、因嬉闹增加脑损伤的风险。不少患儿有不同程度的心理问题,因此,需要进行颅骨成形术。

目前,儿童颅骨成形术的适应证主要参考成人的标准:缺损面积超过大于3 cm×3 cm;较明显的颅骨缺损综合征;严重影响美观;强烈的不安全感;脑膜-瘢痕形成等因素造成的癫痫^[3]。儿童颅骨生长发育迅速,成形术时机不当,可能造成颅骨发育畸形。Ochiai等^[4]研究认为3岁以上的患儿颅骨的生长指数开始逐渐接近于成年人,可积极地进行颅骨成形术。本文患儿年龄大部分超过3岁,缺损面积均超过3

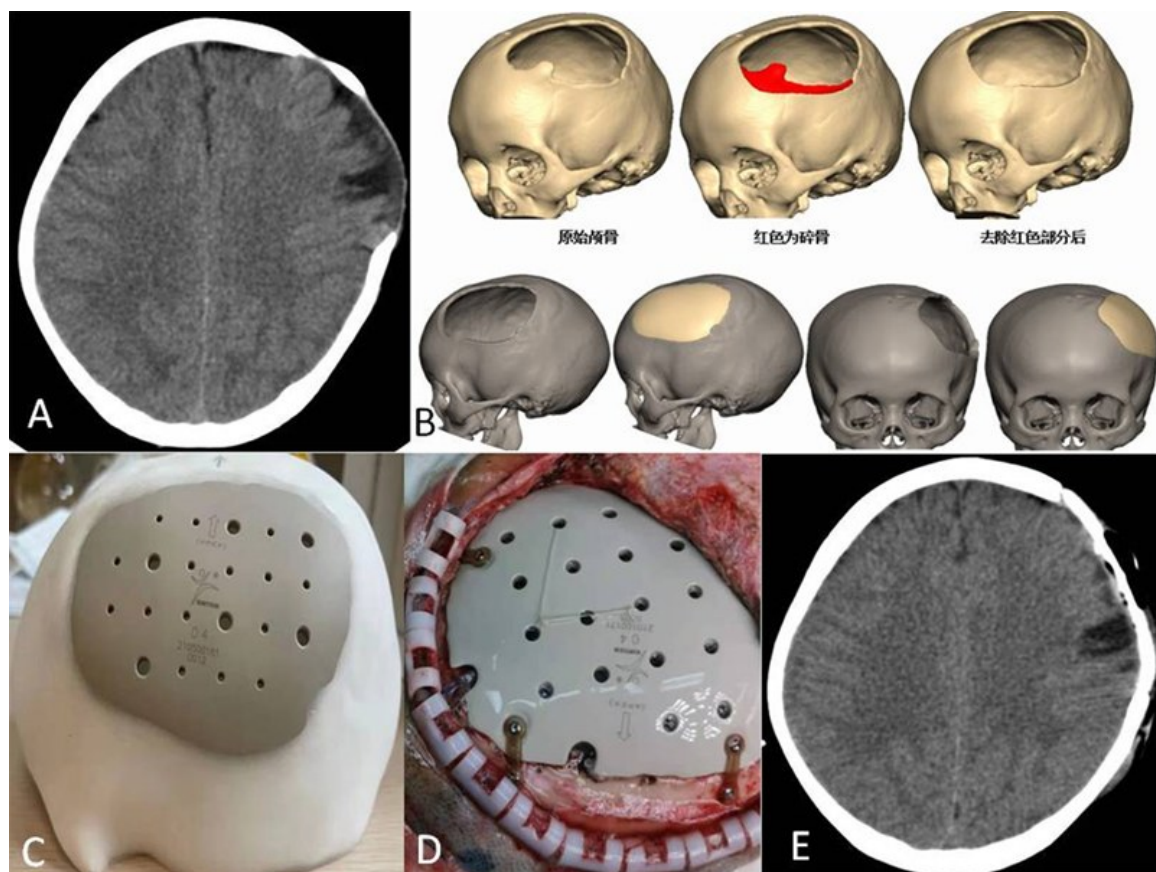


图1 儿童颅骨缺损应用3D打印PEEK材料进行颅骨成形术

A. 术前CT示颅骨缺损位于左侧额颞顶部,局部脑组织软化,骨窗缘因长期脑搏动呈现外翻,并可见碎骨形成;B. 计算机辅助设计出符合缺损大小的PEEK骨板示意图,图片经术者调整去除切除范围;C. 3D打印出PEEK骨板和1:1颅骨模型;D. 术中PEEK材料嵌进颅骨缺损的骨窗,可见大小不一孔洞,便于排除板下积液和板两侧组织接触生长;E. 术后1周头部CT示PEEK和颅骨缺损嵌合满意,无明显皮下积液,脑组织复张良好

cm×3 cm,具备成形术指征。此外,有研究认为未发育成熟的颅骨在受到外界束缚的情况下仍具有较强的自身调节能力,可顺应正常颅骨形态生长^[5]。

钛网是目前应用最广泛的成形材料,但钛合金作为一种热塑性材料,有导电、导热性,甚至温差变化大条件下,出现局部异物感和疼痛^[6]。此外,钛网对于额眶部、颞窝的缺损塑形显得不足^[3]。周剑云等^[7]认为在并发症、美观等方面,PEEK 优于钛网;同时,特殊部位如伴鼻根部和眶部骨质缺损,采用 PEEK 进行成形术,可取得良好的效果,这与 PEEK 的制作方法以及成形方式有关,比钛网有明显优势。个体化定制的 PEEK 吻合精度高,对称性好,可以很好地恢复病人的容貌,减轻病人的心理压力,能显著减少皮下积液和皮下感染率^[8],与传统的钛网相比,不需与原骨窗重合,在如颞顶、眉弓上方等位置的应用更理想^[9]。Zhang 等^[10]通过大型多中心回顾性研究镶嵌法植入 PEEK 和覆盖法植入钛网,发现前者在改善脑功能方面显著优于后者,且术后并发症也较后者少。

儿童期颅骨厚度低于成人,因发育及长期脑搏动的冲击,导致颅骨缺损边缘外翻,增加成形术的难度^[11]。3D 打印技术是以计算机辅助设计(computer aided design, CAD)模型的几何信息为基础,通过成型设备把材料逐层堆积得到三维实体。对于儿童颅骨缘上翻等问题,3D 打印确定去除范围后可实现 1:1 的完美复制。应用立体平板模型可精确去除范围(stereo lithographic, STL)^[6]。本文 4 例颅骨缺损骨缘外翻合并骨赘生物,术前 CAD 进行设计,标记去除范围,应用 3D 打印技术制作骨板,术中结合 STL 磨除多余骨质,使骨窗与 PEEK 骨板完美契合。

儿童 PEEK 成形术需注意以下几点:术中尽量避免电动工具大量使用以及无效腔的存在,尽量缩短手术操作时间并彻底止血^[11];增加 PEEK 板孔洞数量和大小,留置皮下引流管 2~3 d,适当加压包扎,可减少积液形成;可吸收线悬吊硬膜减少皮下积液形成和减少线结反应,皮下缝合张力不高处均采用可吸收缝线缝合。

总之,3D 打印 PEEK 材料应用于小儿颅骨缺损成形术,临床效果良好,并发症发生率低,可在有条件的医院使用,缺点是费用高。本文样本小,需要大

宗的临床实践及随访验证。

【参考文献】

[1] Najeeb S, Zafar MS, Khurshid Z, *et al.* Applications of polyetheretherketone (PEEK) in oral implantology and prosthodontics [J]. *J Prosthodont Res*, 2016, 60(1): 12-19.

[2] 朱青峰,赵文杰,王国芳. 颅骨缺损修补术前后脑灌注及神经功能的变化[J]. *中国临床神经外科杂志*, 2015, 20(12):736-738.

[3] 李 通,张春阳,梅小龙,等. 小儿颅骨成形术研究的现状[J]. *立体定向和功能神经外科杂志*, 2017, 30(5): 317-320.

[4] Ochiai H, Shirasawa T, Nishimura R, *et al.* Waist-to-height ratio is more closely associated with alanine aminotransferase levels than body mass index and waist circumference among population-based children: a cross-sectional study in Japan [J]. *BMC Pediatr*, 2015, 15: 59.

[5] 张春阳,苏 里,石瑞成,等. 钛网修补未成熟颅骨生长情况的对照性研究[J]. *中华神经外科杂志*, 2007, 23(10): 772-774.

[6] Eolchiyan SA. Complex skull defects reconstruction with CAD/CAM titanium and polyetheretherketone (PEEK) implants [J]. *Zh Vopr Neirokhir Im N N Burdenko*, 2014, 78(4): 3-13.

[7] 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.

[8] 王国良,公方和,刘金龙,等. 聚醚醚酮在颅骨缺损个体化重建手术中的应用[J]. *中国微侵袭神经外科杂志*, 2013, 18(10):456-458.

[9] 冀培刚,刘竞辉,李宝福,等. 聚醚醚酮材料在颅骨缺损后修补中的应用[J]. *临床医学研究与实践*, 2018, 3(26):7-8,11.

[10] Zhang Q, Yuan Y, Li X, *et al.* A large multicenter retrospective research on embedded cranioplasty and covered cranioplasty [J]. *World Neurosurg*, 2018, 112(4): e645-651.

[11] 顾 硕,鲍 南,徐 织. 儿童颅骨缺损早期修补的实践及探讨[J]. *中华神经外科杂志*, 2012, 28(10):1001-1004 (2021-07-01 收稿,2022-01-09 修回)