

颅骨修补材料的选择及临床应用进展

张文才, 卞红喜, 范文喆, 韦仁杰, 朱广宝, 郑海强

阜阳市中医医院神经外科, 安徽 阜阳

收稿日期: 2023年8月4日; 录用日期: 2023年9月5日; 发布日期: 2023年9月12日

摘要

目前各种原因导致的颅骨缺损患者在无明确禁忌症的情况下都需行颅骨修补术, 该手术旨在修复颅骨缺损、保护脑组织、改善神经功能并恢复美观。颅骨修补材料多种多样, 目前应用比较广泛的包括钛网、聚醚醚酮及自体骨, 但使用这些材料的长期结果仍存在争议。

关键词

颅骨修补术, 颅骨缺损, 颅骨修补材料

Selection and Clinical Application Progress of Skull Repair Materials

Wencai Zhang, Hongxi Bian, Wenzhe Fan, Renjie Wei, Guangbao Zhu, Haiqiang Zheng

Department of Neurosurgery, Fuyang Traditional Chinese Medicine Hospital, Fuyang Anhui

Received: Aug. 4th, 2023; accepted: Sep. 5th, 2023; published: Sep. 12th, 2023

Abstract

Cranioplasty is necessary for patients with skull defect without definite contra indications at present. Cranioplasty aims at repairing skull defect, protecting brain tissue, improving nerve function and restoring beauty. There are many kinds of skull repair materials, including titanium mesh, polyetheretherketone and autogenous bone, but the long-term results of using these materials are still controversial.

Keywords

Cranioplasty, Absence of Skull, Skull Repair Material



1. 引言

颅骨缺损修补术(cranioplasty)又被称为颅骨重建术或颅骨成形术,是指用各种修复材料对因颅脑外伤、颅内肿瘤、脑血管意外等导致颅内压升高而行去骨瓣减压术的患者采取的最常规手术,通过对缺损的颅骨进行填充、修补达到多重治疗目的[1] [2],目前在很多基层医院神经外科均能开展。正常颅腔具有颅骨支撑,保持颅内压力的生理调节,患者术后颅骨缺损处失去骨瓣支撑,大气压作用于颅内,并使局部脑组织随着体位变动而于骨窗处移位[3]。术后早期短暂增加减压侧的脑灌注压和脑血流量;术后晚期随着皮瓣的支持作用减弱,而大气压压迫增强,带来去骨瓣侧脑脊液(CSF)循环动力学紊乱和脑血流灌注压的下降,导致皮瓣凹陷综合征的出现[4] [5],该综合征通过多种方式表现出来,包括最常见的运动无力,其次是认知缺陷、语言障碍、意识水平改变、头痛、癫痫发作或脑电图改变及颅神经功能障碍,另外有报道称颅骨缺损的患者也会出现心理障碍。

越来越多的研究表明,颅骨修补术不仅能重建颅内和颅外结构之间的解剖边界,恢复美观的颅面轮廓,并为颅面软组织提供支撑[6]。近年来,用于颅骨修补的材料经历了淘汰和演化,目前应用比较广泛的颅骨修补材料包括钛网、聚甲基丙烯酸甲酯及自体骨,但使用这些材料的长期结果仍存在争议,据文献报道,修补术后并发症发生率 10%~43% [7],因此本文就选择颅骨修补材料时的优缺点及并发症做综述。

2. 钛网(Titanium Mesh)

医用钛合金具有较好的生物相容性和较高的机械强度,可以抗击二次外伤,1964年首次描述了钛在颅骨修补术中的使用[8]。钛网具有重量轻、稳定性好、生物相容性好、价格适中等优点。颅骨修补中采用的钛合金材料,钛网不会出现吸收,可经受反复的高温高压消毒,可避免骨瓣污染,一般认为其安全性高于自体颅骨,且其具有较高的韧性和强度,抗冲击力强,极少引起排异或过敏反应,具有良好的延展性以及组织兼容性,具有优越的耐腐蚀性和耐磨损性,灭菌消毒不变形,术后皮下积液发生率较低等[9]。

钛网术中可塑性差,不易调整,临床上术前一般通过计算机辅助设计和制造方法预制成个体化的钛植入体,整个过程大约需要2周,然后通过手术再将个体化的钛合金植入体固定在缺损周围的正常颅骨上。但金属的导热性能导致患者体验较差,容易出现各种不适钛金属在术后CT或MRI成像亮度高,形成伪影影响图像效果,患者术后颅内植入物附近如果出现血肿或肿瘤,影像上很难判定[10]。另外,由于钛的热传导作用,患者在极端的天气中常常会感到不适,它的高导热性可能会引发患者头痛和其他神经系统症状。Mukberjee等多中心回顾性研究报道,钛网修复颅骨缺损术后并发症发生率为26.4%,10.3%的患者不得不再次手术取出钛网,最常见的并发症是感染,占二次手术取出钛网患者的69.0%,其他并发症包括颅内血肿、癫痫发作及皮肤糜烂[4] [11]。但与其他颅骨修补术材料相比,钛网的感染率相对较低,Goedemans等研究表明只有0.5~2.7% [12]。

3. 聚醚醚酮(Polyetheretherketone, PEEK)

聚醚醚酮(PEEK)是一种线性芳香族半结晶的热塑性聚合物,1998年英国Invibio公司开始用于医学应用,被美国FDA批准并在医学领域的应用已经有数十年的历史[13]。它因可塑性和长期稳定性而被广

泛使用,且容易获得。与钛网相比,有以下优点:能进行个性化定制(精准修复)[14],PEEK 基于 CT 数据三维重建,临床应用上与患者缺损的形态及厚度方面均可完美匹配,尤其适用于眶周、颧骨等不规则骨的精准修复,在整形修复方面很有价值;影像兼容性好(无伪影),它不会干扰影像学或脑电图检查,也不会干扰放射治疗;能改善患者舒适度(无冷热刺激),与颅骨有良好耐受性,植入体内后组织反应轻,导热性和导电性差;美学满意度高(能实现传统材料难以完成的复杂颅颌面轮廓复原),与钛相比,PEEK 的弹性和能量吸收特性比钛更接近骨骼,具有优异的力学性能、强度高、抗弯曲,能为患者缺失骨瓣处的脑组织提供更好的保护[15][16]。

然而 PEEK 材料的一些缺点需要提及,其与周围组织的整合性差,容易感染及形成皮下积液,PEEK 也是异体材料,同钛网一样,也可能出现排异反应。据报道颅骨成形术后的感染率高达 33% [17],在伴有糖尿病、多次颅脑手术及颅骨成形术前有脑积水的患者中发生率更高。其次 PEEK 没有被相邻的骨骼并入或血管化,在冷聚合的情况下,残留的单体可能对身体有害,但目前尚缺乏证据支持[12]。另外 PEEK 制作过程较长,材料价格较高,在很多地方由于医疗成本增加而限制了其应用,目前即使在医疗保障完备的发达国家也不能完全普及。相较于钛网,PEEK 应用于临床的时间稍晚,PEEK 颅骨成形术并发症的研究仅限于病例报告和小中心临床研究。

4. 自体骨(Autogenous Bone)

1821 年, Vonwalther 进行了世界上首例自体骨移植修复颅骨缺损[18]。因自体骨组织取自于自身颅骨骨瓣,保留了颅骨原有的外形和结构,解剖复位较好。应用自体骨组织修补不仅可保持颅骨原来的外形,血运重建时与周围组织良好相溶,而且术后很少出现排异反应,发生感染风险低,几乎未有皮下积液及炎性肉芽肿的报道。其次应用自体颅骨可为国家节约大量的医疗资源,减轻患者经济负担,也符合大部分患者的心理需求[5][19]。与钛网和 PEEK 相比,自体骨组织在抗张力、抗挤压、抗外力及热适应等方面有较大的优势。

我们认为自体骨组织弥补了部分颅骨材料的缺陷。但自体骨组织保存及处理过程繁琐,冷冻保存会损害骨瓣的骨传导功能破坏骨重塑导致骨吸收,其应用受到了多个条件的限制。目前对保存自体颅骨的条件及使用自体颅骨的指证在各个神经外科中心仍不能达到统一[20],也不利于手术效果和并发症的比较。更有文献报道骨吸收率达 2%~32% [17],严重的骨吸收还可使螺钉和骨瓣松动,导致骨瓣凹陷[14]。CT 证实颅骨修补术后到骨瓣吸收的平均时间为 2.2 年,术后到皮肤糜烂和骨瓣暴露的平均时间为 2.3 年[21]。目前对于颅骨缺陷范围过大,患者年龄较大,且一期颅骨修补失败的患者,不建议应用自体骨组织。因多次操作后皮瓣和骨缘之间会出现皮瓣再生和血运重建障碍[22]。虽目前自体骨颅骨修补术并未广泛开展,但在很多大的神经外科中心研究发现,在合理保存自体骨组织的情况下可减少修补感染和骨瓣吸收并发症的发生。

虽然修补手术操作并不复杂,但颅骨修补后出现的并发症并不低于其他常规的神经外科手术,修补缺损颅骨最理想的材料除具有安全、坚固、轻盈、便宜、耐酸碱腐蚀、射线透过射线、无毒害等基本性质外,还需与人体有良好的生物相容性、不被免疫排斥和优美的生物曲线[23]。对于骨骼生长完成的患者,定制的钛或聚醚醚酮植入物可以为大缺陷提供出色的轮廓和足够的材料。肿瘤切除或血管畸形的患者,通常根据具体情况需要使用自体骨、钛网或 PEEK 材料。目前对最佳颅骨修补材料的探索也没有结束,我们在修补术前还需全面评估患者的情况,然后再决定选用修补材料的类型。

基金项目

阜阳市卫健委基金项目,项目编号: FY2021-066。

参考文献

- [1] Henry, J., Amoo, M., Murphy, A. and O'Brien, D.P. (2021) Complications of Cranioplasty Following Decompressive Craniectomy for Traumatic Brain Injury: Systematic Review and Meta-Analysis. *Acta Neurochirurgica*, **163**, 1423-1435. <https://doi.org/10.1007/s00701-021-04809-z>
- [2] 王玖. 创伤性脑损伤(TBI)去骨瓣减压术后颅骨修补时机的 Meta 分析[D]: [硕士学位论文]. 西安: 第四军医大学, 2017.
- [3] Hanko, M., Cmarkova, K., Hanzel, R., et al. (2021) Analysis of Clinical Efficiency and Early Postoperative Complications after Cranioplasty. *Bratislava Medical Journal*, **122**, 461-468. https://doi.org/10.4149/BLL_2021_076
- [4] Honeybul, S., Morrison, D.A., Ho, K.M., Lind, C.R.P. and Geelhoed, E. (2017) A Randomized Controlled Trial Comparing Autologous Cranioplasty with Custom-Made Titanium Cranioplasty. *Journal of Neurosurgery*, **126**, 81-90. <https://doi.org/10.3171/2015.12.JNS152004>
- [5] Las, D.E., Verwilghen, D. and Mommaerts, M.Y. (2021) A Systematic Review of Cranioplasty Material Toxicity in Human Subjects. *Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery*, **49**, 34-46. <https://doi.org/10.1016/j.jcms.2020.10.002>
- [6] 宋光太, 杨力军. 颅骨修补术后常见并发症原因分析及诊治体会[J]. 浙江创伤外科, 2019, 24(1): 9-10.
- [7] 裴禹淞, 段阳, 杨本强, 等. 颅脑外伤去骨瓣减压术后患者短期内血肿扩大或新发出血的危险因素分析[J]. 中国现代医学杂志, 2021, 31(8): 54-58.
- [8] 李谷, 温良, 杨小锋, 等. 早期颅骨修补对颅脑创伤患者预后的影响[J]. 中华神经外科杂志, 2008, 24(10): 750-752.
- [9] Zaed, I., Rossini, Z., Cardia, A. and Servadei, F. (2021) Long-Term Follow-up of Cranioplasty in Adult Patients: A Multicenter European Study. Can We Trust Self-Reported Complications? *Brain and Spine*, **1**, Article ID: 100616. <https://doi.org/10.1016/j.bas.2021.100616>
- [10] Williams, L., Fan, K. and Bentley, R. (2016) Titanium Cranioplasty in Children and Adolescents. *Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery*, **44**, 789-794. <https://doi.org/10.1016/j.jcms.2016.03.010>
- [11] Yeap, M.-C., Tu, P.-H., Liu, Z.-H., et al. (2019) Long-Term Complications of Cranioplasty Using Stored Autologous Bone Graft, Three-Dimensional Polymethyl Methacrylate, or Titanium Mesh after Decompressive Craniectomy: A Single-Center Experience after 596 Procedures. *World Neurosurgery*, **128**, e841-e850. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2019.05.005>
- [12] Goedemans, T., Verbaan, D., Van Der Veer, O., et al. (2020) Complications in Cranioplasty after Decompressive Craniectomy: Timing of the Intervention. *Journal of Neurology*, **267**, 1312-1320. <https://doi.org/10.1007/s00415-020-09695-6>
- [13] Hambock, M., Hosmann, A., Seemann, R., et al. (2020) The Impact of Implant Material and Patient Age on the Long-Term Outcome of Secondary Cranioplasty Following Decompressive Craniectomy for Severe Traumatic Brain Injury. *Acta Neurochirurgica*, **162**, 745-753. <https://doi.org/10.1007/s00701-020-04243-7>
- [14] Goyal, S. and Goyal, M.K. (2014) Restoration of Large Cranial Defect for Cranioplasty with Alloplastic Cranial Implant Material: A Case Report. *The Journal of Indian Prosthodontic Society*, **14**, 191-194. <https://doi.org/10.1007/s13191-012-0185-y>
- [15] Shiban, E., Lange, N., Hauser, A., et al. (2020) Cranioplasty Following Decompressive Craniectomy: Minor Surgical Complexity but Still High Periprocedural Complication Rates. *Neurosurgical Review*, **43**, 217-222. <https://doi.org/10.1007/s10143-018-1038-x>
- [16] Pelegrini de Almeida, L., Casarin, M.C., Mosser, H.L. and Worm, P.V. (2020) Epileptic Syndrome and Cranioplasty: Implication of Reconstructions in the Electroencephalogram. *World Neurosurgery*, **137**, e517-e525. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2020.02.036>
- [17] Kumar, N.G., Sreenivas, M. and Gowda, S. (2016) Cranioplasty of Large Cranial Defects with Porous Polyethylene Implants. *Journal of Craniofacial Surgery*, **27**, e333-e335. <https://doi.org/10.1097/SCS.0000000000002480>
- [18] Honeybul, S. (2016) Sudden Death Following Cranioplasty: Autoregulatory Failure? *Journal of Neurosurgery*, **124**, 885-886. <https://doi.org/10.3171/2015.7.JNS151538>
- [19] Spencer, R., Manivannan, S., Sharouf, F., et al. (2019) Risk Factors for the Development of Seizures after Cranioplasty in Patients That Sustained Traumatic Brain Injury: A Systematic Review. *Seizure*, **69**, 11-16. <https://doi.org/10.1016/j.seizure.2019.03.014>
- [20] Servadei, F. and Iaccarino, C. (2015) The Therapeutic Cranioplasty Still Needs an Ideal Material and Surgical Timing. *World Neurosurgery*, **83**, 133-135. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2014.08.031>
- [21] Johnson, P.J., Robbins, D.L., Lydiatt, W.M. and Moore, G.F. (2000) Salvage of an Infected Hydroxyapatite Cement

Cranioplasty with Preservation of the Implant Material. *Otolaryngology–Head and Neck Surgery*, **123**, 515-517. <https://doi.org/10.1067/mhn.2000.105182>

- [22] Yeap, M.-C., Chen, C.-C., Liu, Z.-H., *et al.* (2018) Postcranioplasty Seizures Following Decompressive Craniectomy and Seizure Prophylaxis: A Retrospective Analysis at a Single Institution. *Journal of Neurosurgery*, **131**, 936-940. <https://doi.org/10.3171/2018.4.JNS172519>
- [23] Zhang, J., Liu, X., Zhou, J., *et al.* (2019) Seizures Following Cranioplasty: Risk Factors and Prevention Exploration. *Journal of Craniofacial Surgery*, **30**, e170-e175. <https://doi.org/10.1097/SCS.00000000000005116>