

· 标准与规范 ·

儿童去骨瓣减压术后颅骨缺损修补专家共识(2025 版)

中国医师协会神经外科医师分会 中国国际小儿神经外科医生同盟 儿童去骨瓣减压术后颅骨缺损修补专家共识协作组

通信作者:宫杰,山东大学齐鲁医院神经外科和山东大学脑与类脑科学研究院,济南 250012, Email: gongjie@sdu.edu.cn;鲍南,上海交通大学医学院附属上海儿童医学中心神经外科,上海 200127, Email: baonan@scmc.com.cn

【摘要】 去骨瓣减压术后遗留颅骨缺损的患儿进入恢复期后,面临脑保护缺失、美观等问题,其脑结构、脑功能恢复及后续康复也可能受影响。儿童患者的颅骨尚处在生长发育期,头围随着年龄变化,且存在骨质易增生及易吸收等特点,因此儿童患者进行颅骨修补的时机、材料、方式等问题一直困扰临床。中国医师协会神经外科医师分会、中国国际小儿神经外科医生同盟、中国儿童去骨瓣减压术后颅骨缺损修补专家共识协作组共同组织国内相关专家,采取德尔菲法,在修补的必要性、时机、材料、手术注意事项、合并症、并发症等方面,结合文献分析及参与专家经验,共形成 27 条推荐意见,旨在为儿童去骨瓣减压术后颅骨缺损修补手术提供重要参考。

【关键词】 儿童; 颅骨缺损; 去骨瓣减压术; 颅骨修补术; 颅骨成形术; 共识

实践指南注册:国际实践指南注册与透明化平台(PREPARE-2024CN1198)

Expert consensus on skull defect reconstruction after decompressive craniectomy in children (2025 edition)

Chinese Congress of Neurological Surgeons of Chinese Medical Doctor Association; Chinese International Association of Pediatric Neurosurgeons; Chinese Expert Consensus Collaborative Group on Skull Defect Reconstruction after Decompression Craniectomy for Children

Corresponding authors: Gong Jie, Department of Neurosurgery, Qilu Hospital, Cheeloo College of Medicine and Institute of Brain and Brain-Inspired Science, Shandong University, Jinan 250012, China, Email: gongjie@sdu.edu.cn; Bao Nan, Department of Neurosurgery, Shanghai Children's Medical Center, Shanghai Jiao Tong University School of Medicine, Shanghai 200127, China, Email: baonan@scmc.com.cn

【Abstract】 Children with skull defects after decompressive craniectomy face issues such as lack of brain protection and aesthetics during the recovery period, which also affect the recovery of brain structure and function and hinder subsequent rehabilitation. The skull of pediatric patients is still in the growth and development stage, with head circumference changing with age, and there are characteristics such as easy bone hyperplasia and absorption. Therefore, the timing, materials, methods and other problems of skull reconstruction for pediatric patients have always been puzzling clinical practice. The Chinese Congress of Neurological Surgeons of Chinese Medical Doctor Association, the Chinese International Association of Pediatric Neurosurgeons, and the Expert Consensus Collaboration Group on Skull Defect Reconstruction after Decompression Craniectomy for Children jointly organized relevant domestic experts to adopt the Delphi method and combine

DOI: 10.3760/cma.j.cn112137-20250106-00045

收稿日期 2025-01-06 本文编辑 朱瑶

引用本文:中国医师协会神经外科医师分会,中国国际小儿神经外科医生同盟,儿童去骨瓣减压术后颅骨缺损修补专家共识协作组. 儿童去骨瓣减压术后颅骨缺损修补专家共识(2025 版)[J]. 中华医学杂志, 2025, 105(15): 1157-1163. DOI: 10.3760/cma.j.cn112137-20250106-00045.



中华医学杂志社
Chinese Medical Association Publishing House

版权所有 违者必究



literature analysis and expert experience to form a total of 27 recommendations on the necessity, timing, materials, surgical precautions, complications and other aspects of reconstruction, hoping to provide important reference for skull defect reconstruction surgery after decompression craniectomy for children.

【Key words】 Children; Skull defect; Decompressive craniectomy; Skull reconstruction; Cranioplasty; Consensus

Practice guideline registration: International Practice Guideline Registration for Transparency (PREPARE-2024CN1198)

去骨瓣减压术(decompressive craniectomy, DC)是针对颅脑创伤、自发性脑出血、脑梗死等疾病导致的严重颅内压增高的有效治疗手段。DC术后遗留颅骨缺损的患者进入恢复期后,面临脑保护缺失及美观等问题,也影响后续康复治疗。颅骨缺损修补术,又称为颅骨成形术(cranioplasty),是指以自体或人造材料等对各种原因导致的颅骨缺损进行颅骨重建的手术。成人颅骨缺损修补术临床研究较多,已经形成专家共识^[1]。儿童有别于成人,其颅骨尚处在生长发育阶段,头围随着年龄变化,而且在骨缺损周围骨质易增生及易吸收等特点,因此DC术后遗留颅骨缺损的患儿进行颅骨修补的时机、材料、方式等问题一直困扰临床。中国医师协会神经外科医师分会、中国国际小儿神经外科医生同盟、中国儿童去骨瓣减压术后颅骨缺损修补专家共识协作组共同组织国内相关专家,采取德尔菲法,在修补的必要性、时机、材料、手术注意事项、合并症、并发症等方面形成共识性意见,旨在为儿童去骨瓣减压术后颅骨缺损修补手术提供重要参考。

一、共识制订方法

1. 共识制订过程:在面对“儿童DC术后颅骨缺损修补”这一临床问题时,神经外科医师常常由于没有统一的参考,可能导致延误治疗或治疗偏差等。目前,国内外儿童DC术后颅骨缺损修补多是依据不同中心不同医师的经验性治疗,而且绝大多数文献为回顾性分析,患儿年龄分布不统一,有些文献的建议是从成人患者经验直接推断而来。这些文献存在研究不充分,质量不高,甚至相互矛盾的情况。因此,本共识无法采取GRADE分级(Grading of Recommendations Assessment, Development, and Evaluations)进行证据等级及推荐强度的认定,仅采取德尔菲法(Delphi),结合文献及参与专家的经验,以“共识度”表达推荐意见。专家共识由国内小儿神经外科学界46位专家审阅审定。所有专家对共识进行多次讨论、反馈、汇总直至定稿。各位专家根据协作组筛选出的问卷、题

干,给予“完全赞同、基本赞同、不确定、不赞同”的答复。本共识专家推荐程度以“共识度”标记,共识度=完全赞同+基本赞同的专家数量/专家总数×100%,若≥85%则达成共识。适用人群为DC术后存在颅骨缺损且有颅骨修补需求的儿童(≤18岁)。使用人群为所有神经外科医师,尤其是从事小儿神经外科亚专业的医师。

2. 文献检索策略:本专家共识针对儿童DC术后颅骨缺损修补进行文献检索,数据库包括PubMed、中国知网、万方数据知识服务平台。检索时间范围自建库至2024年8月。中文关键词为“儿童”“少年”“幼儿”“婴儿”“颅骨缺损”“去骨瓣减压术”“颅骨修补术”“颅骨成形术”。英文关键词为“children”“adolescence”“infant”“baby”“pediatric”“skull defect”“calvarial defect”“cranial defect”“decompressive craniectomy”“skull reconstruction”“skull repair”“cranioplasty”。通过AND、OR、NOT进行关键词检索,文献纳入类型不限。仅针对去骨瓣减压术后颅骨缺损的患儿(≤18岁)这一特定人群的文献进行分析,排除其他疾病(如骨肿瘤、先天性疾病等引起的颅骨缺损患儿)。

二、儿童时期颅骨缺损修补的必要性

颅骨缺损不仅影响美观,还可因脑组织缺乏刚性保护、脑结构移位变形、切口疝等引起神经功能障碍或精神障碍。颅骨缺损的及时修补可恢复颅腔的完整性及生理颅内压,改善患者大脑血流灌注和脑脊液循环,使得脑血流量及脑血容量增加,从而促进患者神经功能康复^[2-3]。

较之成人,颅骨缺损对儿童的健康影响更大。第一,儿童好动,风险意识低,自控能力差,运动协调能力亦差,因此缺少颅骨保护的脑组织受到再次创伤的风险很大。第二,DC术后的儿童,术后约半数存在不同程度的认知障碍,其中颅骨缺损也是导致认知损害的重要原因之一^[4]。第三,相较于成人,儿童颅骨缺损处硬脑膜或骨膜随着时间延长更容易发生膜性成骨、骨质畸形增生、骨缘外翻、张力



性生长等。这些钙化的骨质往往不能形成真正解剖意义上的颅骨,修补时需去除,因而增加了颅骨修补手术难度及脑脊液漏等并发症的发生率^[5]。第四,颅骨缺损可发生环钻综合征(syndrome of trephined, SoT),又叫减压窗综合征,是一种可逆的神经系统疾病,常因 DC 术后颅骨缺损而发生,表现为运动灵活性下降、头痛、焦虑、抑郁、注意力不集中等,在儿童中还可引起恐惧、心智发育障碍等^[6-7]。较大的颅骨缺损往往可能伴随着 SoT 症状的出现^[6-7]。较早进行颅骨成形术对于有 SoT 的患儿可以明显地促进神经功能恢复^[7],这一点在动物实验上也得到了证实^[6]。

三、儿童行颅骨缺损修补的时机

国内成人创伤性颅骨缺损成形术专家共识认为,闭合性颅脑创伤 DC 术后患者,若无明显禁忌应早期修补(术后 3 个月)^[1]。由于儿童颅骨尚处在生长发育期,而且儿童在 DC 术后颅骨缺损状态下的病理生理及心理特点与成人不同,DC 术后颅骨缺损修补术的年龄目前国内外尚缺乏较强文献支持,总体证据等级偏低^[8]。出生后头颅生长迅速,头围在 2 岁时达到成人的 80%,之后生长速度减慢,5 岁时达到 90% 以上,12 岁时达到 99%^[9-10]。由于颅骨生长较快,低龄儿童颅骨缺损修补或可能存在随着头颅生长出现修补材料与颅骨不匹配的现象。儿童颅骨较成人有更高的生长活性和骨膜成骨能力,6~9 个月龄以下儿童直径 <3 cm 的颅骨缺损一般有自行愈合的可能,但这种能力随着年龄增大而很快变弱^[5, 11-12]。另一方面,2 岁以内颅骨缺损的儿童,发生畸形颅骨生长的概率较大^[8]。延迟进行颅骨修补术可能使得病情变得复杂化,如硬脑膜明显广泛的钙化及缺损边缘骨质外翻^[5],这也是儿童不同于成人的特点。另外,早期修复对于自体原骨瓣修复的患儿可降低自体骨瓣植入后骨折、骨吸收的概率及感染率^[8]。有学者认为,儿童闭合性颅脑损伤 DC 术后,一旦创伤后的脑膨出消退(2~3 周),即可重建颅腔完整性^[8]。一份多国多中心联合临床研究建议,儿童 DC 术后颅骨缺损修补术应在合适时机尽早实施^[13]。

推荐意见 1: DC 术后儿童颅骨缺损修补的最小年龄目前尚缺乏多中心、前瞻性、大宗病例的研究依据。考虑到 1 岁以内患儿的颅骨自愈能力较强,而且因其尚不会走路所以再次意外伤的风险低,建议 1 岁以内可先观察。1 岁以上可根据具体情况而定,通常 1~2 岁可优先选择覆盖式修补方式,以避

免随着头颅生长而出现修补材料与颅骨不匹配;2 岁以上可以选择嵌入式或覆盖式修补方式。(共识度 95.7%)

推荐意见 2: 低龄儿童 DC 术后颅骨缺损骨窗内新生骨自行愈合的可能稍大,这与骨膜完整性、年龄及骨窗大小有关(具体年龄尚无明确证据),可于 DC 术后观察 3 个月,若超过 3 个月仍没有明显的成形的骨瓣样新生骨生长,则建议停止观察,进行颅骨修补术;大龄儿童可酌情选择在 DC 术后 1~3 个月行颅骨修补。(共识度 95.7%)

推荐意见 3: 修补时机应注重患儿年龄、修补材料、骨窗及刀口愈合情况、是否具有感染危险因素等。(共识度 100%)

推荐意见 4: 对于 DC 术后存在感染的,可在感染完全控制后 6 个月以上再行修补,具体时机仍需要个性化分析。(共识度 95.7%)

推荐意见 5: 切口疤痕及皮瓣状况也是影响手术修补时机的因素,需要重视。(共识度 100%)

四、修补材料

目前儿童颅骨缺损修补可用的材料与成人类似,大致分为自体骨、合成材料和金属材料。

1. 自体移植物:又分为储存后原位颅骨瓣、其他部位骨移植(如镜像颅骨、肋骨和髂骨嵴等)两种方式,均有一定的骨存活能力和生长潜力,生物相容性佳。原位颅骨瓣回植的优点为不增加其他部位手术创伤,但骨吸收率、感染率较高;异位自体骨移植优点为感染率低,骨存活率高,但供骨形状可能不匹配,同时会造成供区骨缺损^[14]。并且其他部位自体骨供体有限,尤其 3 岁以下的儿童没有足够的自体骨供取材^[15]。DC 术后原骨瓣保存方式主要有冷冻保存(cryopreservation, CP)和腹部皮下保存(Abdominal preservation, AP)。有学者认为,两种方式在感染、再吸收、再手术方面差异无统计学意义^[16]。也有不同观点,认为 AP 的骨瓣吸收发生率小于 CP^[17]。儿童自体骨瓣吸收率更高,而且年龄越小、缺损面积越大,相应地骨吸收率越大^[18]。有文献报道,DC 术后 1 年再行自体骨修补其吸收率及感染率会大幅增加^[19]。

2. 人造移植物:目前临床上常用的颅骨缺损修补人造材料包括:(1)羟基磷灰石(hydroxyapatite, HA):又称为磷酸骨水泥,被认为可以促进自体骨与移植物的融合,并可减少组织反应;HA 在过去应用较多,但目前认为其骨诱导及骨融合能力较弱且有一定脆性,存在断裂、皮肤侵蚀和感染的风险,对



于儿童尤其易发生,常见于术后 6 个月内^[20-23]。纳米羟基磷灰石/胶原复合骨(no-hap/collagen composite, NHCC)是 HA 的升级版,国内外均有应用报道,其骨诱导能力增强、短期并发症少,但长期随访仍可能发生材料断裂、松动等,仍需进一步改进^[24-27]。(2)聚甲基丙烯酸甲酯(poly methyl methacrylate, PMMA):PMMA 在短期随访中效果好,但远期存在感染、挤压破裂、移位、周围骨质吸收及 PMMA 热敏相关并发症,且不具备骨诱导能力^[21]。由于 PMMA 脆性高,碰撞后易碎裂,目前认为应慎用于儿童,尤其是 5 岁以下^[28-29]。(3)钛网:覆盖式、操作容易、感染率低、硬度高,可用于儿童颅骨缺损修补;但钛网导热性强、存在影像伪影、受外力后可能变形,不具备骨诱导能力,存在钛过敏及炎症反应可能,甚至造成皮肤磨损、破溃等^[30-32]。(4)聚醚醚酮(polyether ether ketone, PEEK):嵌入式、不导热、不导电、没有影像学伪影、可透超声波检查、硬度大于钛网、重量轻;但费用稍高,不具备骨诱导能力^[14-15, 32-33]。(5)超高分子量聚乙烯(ultra-high molecular weight polyethylene, UHMWPE):此类新型材料目前处于初步临床试验阶段,尚未普遍使用,而且没有儿童颅骨缺损的应用数据,不列入本共识讨论^[32, 34]。

推荐意见 6: 儿童颅骨缺损修补材料可选择自体骨、PEEK、钛网,但没有哪一种材料被证实是颅骨缺损修补的最适合材料。(共识度 100%)

推荐意见 7: PEEK、钛网适用年龄较广泛(参考修补时机第一条),通常 1~2 岁可优先选择覆盖式材料;2 岁以上可以选择嵌入式或覆盖式材料;但考虑到儿童颅骨生长的张力及头围的变化,可能会出现修补材料的松脱,一般认为 6 岁以下患儿可以通过适当增加连接片及钛钉数量加强固定,以减少这种可能的影响。(共识度 91.3%)

推荐意见 8: 大龄儿童可选择使用自体骨,但建议使用具有生物活性的骨。低龄儿童慎用自体骨修补,但若其监护人要求使用自体骨,需要充分告知有较大的骨吸收可能。(共识度 87.0%)

推荐意见 9: 自体骨可采取冷冻保存或腹部皮下保存的方式储存。(共识度 91.3%)

推荐意见 10: 若采取自体骨修补缺损,修复时机不宜延迟过久,最长不要超过 DC 术后 1 年,否则骨吸收及感染概率大幅增加。(共识度 91.3%)

推荐意见 11: 若采取自体骨修补缺损,推荐原骨瓣回植,慎用其他部位供骨移植。(共识度 95.7%)

推荐意见 12: 长期脑积水外引流术、脑室腹腔分流术(ventriculo-peritoneal shunt, VPS)、腰大池腹腔分流术的患儿,自体骨修补需谨慎,因存在较大的骨吸收的可能。(共识度 91.3%)

推荐意见 13: 新式增材制造(3D 打印)PEEK 人工颅骨,相较于既往的雕刻塑形方法塑形更好,尤其适合涉及眶、蝶骨、颧弓、枕外隆突等形状复杂部位或者大面积颅骨缺损的修补。(共识度 100%)

推荐意见 14: 覆盖式修补材料一般不需要去除新生的小片状骨性结构;嵌入式修补材料可仅去除部分妨碍修补材料嵌入的骨赘或较薄的骨缘,不妨碍嵌入的小片状骨性结构可以保留,以免过度剥离增加脑脊液漏风险。(共识度 100%)

五、术后并发症

儿童颅骨缺损修补术后相关并发症包括:颅内血肿、脑脊液漏、感染、积液、皮肤破溃、切口愈合不良、骨吸收、材料断裂、颞肌萎缩、外形差等。这可能与颅骨缺损处情况、个体差异、手术、修补材料等相关。一篇综述(10 342 例患者)报告了 1 952 例(18.9%)并发症,其中自体移植并发症发生率稍高于人工移植^[18],其中总感染率为 5.6%~10.5%,自体移植稍高于人造移植^[18, 35]。儿童颅骨缺损修补术后感染的高危因素包括存在其他颅脑植入物(主要指脑室腹腔分流管)、胃造口术、呼吸机依赖等^[35]。儿童颅骨缺损自体骨修补术后骨吸收的风险因素包括低龄、脑积水外引流术、VPS 等^[35]。所有年龄段患者自体骨修补后骨瓣吸收率平均为 11.3%~20%,儿童平均为 20%~50%;年龄越小,骨瓣吸收率越高;8 岁以下儿童骨瓣吸收率约为 80%,而 1 岁以下儿童近 100%^[8]。一旦发生严重的骨吸收、感染或致命性血肿,往往需要再次手术;若发生感染和骨吸收,还很有可能需要去除移植植物。移植植物去除率是手术质量评价的重要指标,有综述报道平均去除率 6.6%,自体骨移植去除率 10.4%,人造移植去除率 5.1%^[18]。另外,骨瓣外皮下留置引流管引流血性渗出液也是有必要的,但过强的负压引流有引起颅内出血或弥漫性脑肿胀的可能,需要警惕。根据以上分析,术后随访要点主要包括但不限于:头颈外观,手术切口愈合情况,皮瓣下肌肉是否萎缩,复查颅脑 CT 检查自体移植植物是否吸收及移植植物是否移位或断裂,复查颅脑 MRI 检查颅脑情况及是否存在潜在感染等。

推荐意见 15: 预防感染:术前及术中皮肤准备,包括清洗、严格消毒、将无菌保护膜与皮肤贴附



严密等;建议术中必要时更换手套或带两层手套等;术中温生理盐水充分冲洗创面;围手术期遵照规定酌情预防性使用抗生素;皮下放置引流管,引流时间一般不超过 3 d。(共识度 87.0%)

推荐意见 16:预防骨吸收:低龄儿或有脑脊液转流装置的患儿慎用自体骨修复。(共识度 87.0%)

推荐意见 17:预防积液及切口愈合不良:术中分离皮肤瓣时,尽量少用或不用单极电刀,出血处以双极电凝精准止血;建议沿解剖界面锐性分离;若有脑脊液漏,积极采取措施封闭脑脊液漏,如取筋膜缝合修补漏口、使用人工脑膜及脑膜胶等方法;合适的患儿可将硬脑膜多点悬吊于骨瓣;骨瓣外皮下置引流管。(共识度 100%)

推荐意见 18:预防肌肉萎缩:尽量保护肌肉血供,尽可能完整地将肌肉与硬脑膜剥离,将肌肉贴敷于骨瓣外并与帽状腱膜缝合以保持张力。(共识度 100%)

推荐意见 19:假如出现颅骨修补术后骨瓣感染,往往单纯抗生素治疗难以成功,需要及时去除骨瓣并行清创术,待感染完全控制后再择机行修补术。(共识度 100%)

六、儿童颅骨缺损修补术的其他几个相关问题

1. 颅骨固定的方法:最初有学者利用丝线固定颅骨植入物,后来钛连接片和钛钉被广泛使用。儿童颅骨厚度存在显著的年龄依赖性差异和个体差异,CT扫描可以明确颅骨厚度^[36]。低龄儿童因为颅骨相对薄,更需要谨慎固定骨瓣,避免损伤硬脑膜或脑组织^[8, 32]。PEEK 连接片或 PEEK 颅骨锁是比较新的颅骨固定方式,强度可靠,儿童可以使用。钛钉可能会因为骨吸收而被动移位,甚至脱落^[8]。自体骨回植可以用可吸收或不可吸收颅骨固定装置固定。至今尚没有系统性研究认为哪种固定方式最佳。

推荐意见 20:相比成人,儿童颅骨较薄,建议根据不同年龄段、疾病特点及修补材料选择不同的固定方式。(共识度 95.7%)

推荐意见 21:可使用 PEEK 连接片、PEEK 颅骨锁或可吸收颅骨固定装置等,减少金属植入物。(共识度 91.3%)

2. 手术皮瓣:有文献研究发现,所有材料修补术后患儿头皮均可能变薄,这在修补术后的前两年最为显著;相关危险因素包括使用钛网、放疗史、修补术涉及颞部、使用“T形”或“问号”切口^[37]。手术技巧和修补材料一些特点也可能对头皮生长愈合带来影响。

推荐意见 22:颅骨修补术本身可能造成皮瓣血运问题,加之儿童头皮薄,所以儿童更容易出现皮肤缺血、坏死及感染,应当尽可能保护皮瓣血运,减少不必要的电灼,注意帽状腱膜的缝合,以及切口缝合的紧张度、针距适中,避免敷料包扎过紧。(共识度 100%)

推荐意见 23:如果伤口疤痕严重或皮瓣挛缩严重,可采取带帽状腱膜皮瓣转移技术用以覆盖颅骨修补处;皮瓣覆盖难度更大者,可采用一期帽状腱膜下头皮扩张术,二期再行颅骨缺损修补术。(共识度 95.7%)

推荐意见 24:植入物外形设计不宜过分追求镜像对称和饱满,有增加头皮缺血坏死的风险。(共识度 95.7%)

3. 颅骨缺损伴脑积水:儿童 DC 术后,有一定的概率伴发脑积水。颅骨缺损修补术和 VPS 是同期进行还是分期进行,目前尚存争议。有报道,与分期接受颅骨缺损修补术和 VPS 的患儿相比(9.6%~12%),同期进行两种手术的患儿更容易出现感染、局部积液等并发症(33.3%~47%),差异具有统计学意义^[38-39]。VPS 术后再行颅骨修补术的患儿,发生硬膜外积液及硬膜下血肿概率为未行 VPS 患儿的 4~5 倍^[40]。

推荐意见 25:若 VPS 与修补术均有需求,建议优先选择分期手术;两种手术的最佳间隔时间,尚需要更多病例的经验总结;可在严格执行无菌操作前提下,参照本中心植入物感染率等并发症率,选择同期或分期手术。(共识度 95.7%)

推荐意见 26:修补术中因颅内压高难以放置骨瓣,可考虑静滴甘露醇、过度换气、局部穿刺脑室释放脑脊液或术前腰大池引流脑脊液等方法改善颅内压。(共识度 95.7%)

推荐意见 27:若患儿已行 VPS 且骨窗明显塌陷者,单纯悬吊硬脑膜于骨瓣的方法用以预防积液,往往无效;建议在安全压力值范围内,调高阀门开启压力后再行颅骨修补术。(共识度 91.3%)

本专家共识参考了国内外研究进展、相关指南及共识,组织国内的小儿神经外科相关专业的专家进行问卷调查及与会讨论,最终定稿。推荐意见是共识全体专家经验总结及文献复习得来,尚缺乏大规模、多中心、前瞻性的临床对照研究。本专家共识并非行业准则,不具备法律效力,仅作为医师执业过程中的参考。临床工作中应当具体问题具体分析,不排除其他有意义的临床策略及技术的应

用,也不排除随着科技进步及更多经验总结,未来需要修改共识意见。期待更多的研究,带来更详实的证据,使得患者获益。

共识制订专家组名单:

顾问:张玉琪(清华大学玉泉医院神经外科);凌锋(首都医科大学宣武医院神经外科)

执笔者:王传伟(山东大学齐鲁医院神经外科);梁平(重庆医科大学附属儿童医院神经外科);曾高(首都医科大学宣武医院神经外科);王举磊(空军军医大学唐都医院神经外科);王俊华(清华大学玉泉医院神经外科)

协作组编委会成员(按姓氏汉语拼音排序):鲍南(上海交通大学医学院附属上海儿童医学中心神经外科);曹红宾(河北省儿童医院神经外科);陈拓宇(清华大学附属北京清华长庚医院神经外科);冯书彬(河南省儿童医院神经外科);傅强(聊城市人民医院脑科医院神经外科);葛明(首都医科大学附属北京儿童医院神经外科);宫剑(首都医科大学附属北京天坛医院神经外科);宫杰(山东大学齐鲁医院神经外科);蒋辰(中国科学技术大学附属第一医院神经外科);蒋飞[大连市妇女儿童医疗中心(集团)神经外科];靳文(山西省儿童医院神经外科);荆俊杰(福建省儿童医院神经外科);鞠延(四川大学华西医院神经外科);李昊(复旦大学附属儿科医院神经外科);李强(兰州大学第二医院神经外科);李强(四川大学华西医院神经外科);李庆国(天津市环湖医院神经外科);李正伟(武汉大学中南医院神经外科);梁平(重庆医科大学附属儿童医院神经外科);刘鹏飞(滨州医学院附属医院神经外科);刘源(佛山市第一人民医院神经外科);马辉(宁夏医科大学总医院神经外科);梅文忠(福建医科大学附属第一医院神经外科);沈志鹏(浙江大学医学院附属儿童医院神经外科);史航宇(西安市儿童医院神经外科);宋烨(广州医科大学附属妇女儿童医疗中心神经外科);孙勇(青岛大学附属妇女儿童医院神经外科);万锋(南方医科大学附属广东省人民医院神经外科);汪立刚(哈尔滨医科大学附属第一医院神经外科);汪永新(新疆医科大学第一附属医院神经外科);王传伟(山东大学齐鲁医院神经外科);王广宇(山东大学附属儿童医院神经外科);王杭州(苏州大学附属儿童医院神经外科);王靖生(深圳市儿童医院神经外科);王举磊(空军军医大学唐都医院神经外科);王俊华(清华大学玉泉医院神经外科);王明光(临沂市人民医院神经外科);王延召(山东大学齐鲁医院神经外科);翁宇(西藏自治区人民医院神经外科);吴水华(湖南省儿童医院神经外科);杨雷(昆明市儿童医院神经外科);张荣(复旦大学附属华山医院神经外科);张旺明(南方医科大学珠江医院神经外科);赵杰(中南大学湘雅医院神经外科);赵亚鹏(郑州大学第一附属医院神经外科);曾高(首都医科大学宣武医院神经外科)

利益冲突 所有作者声明不存在利益冲突

参 考 文 献

- [1] 中华神经外科学会神经创伤专业组, 中华创伤学会神经损伤专业组中国神经外科医师协会神经创伤专家委员会. 创伤性颅骨缺损成形术中国专家共识[J]. 中华神经外科杂志, 2016, 32(8): 767-770. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1001-2346.2016.08.002.
- [2] Parichay PJ, Khanapure K, Joshi KC, et al. Clinical and radiological assessment of cerebral hemodynamics after cranioplasty for decompressive craniectomy-a clinical study[J]. J Clin Neurosci, 2017, 42:97-101. DOI: 10.1016/j.jocn.2017.04.005.
- [3] Ozoner B. Cranioplasty following severe traumatic brain injury: role in neurorecovery[J]. Curr Neurol Neurosci Rep, 2021, 21(11): 62. DOI: 10.1007/s11910-021-01147-6.
- [4] Ballester M, Furlanetti LL, Augusto LP, et al. Decompressive craniectomy for severe traumatic brain injury in children: analysis of long-term neuropsychological impairment and review of the literature[J]. Childs Nerv Syst, 2019, 35(9): 1507-1515. DOI: 10.1007/s00381-019-04274-1.
- [5] 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. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1001-2346.2012.10.011.
- [6] Andrews BT, Barbay S, Townsend J, et al. Unrepaired decompressive craniectomy worsens motor performance in a rat traumatic brain injury model[J]. Sci Rep, 2020, 10(1):22242. DOI: 10.1038/s41598-020-79155-8.
- [7] Halani SH, Chu JK, Malcolm JG, et al. Effects of cranioplasty on cerebral blood flow following decompressive craniectomy: a systematic review of the literature[J]. Neurosurgery, 2017, 81(2): 204-216. DOI: 10.1093/neuros/nyx054.
- [8] Frassanito P, Tamburrini G, Massimi L, et al. Problems of reconstructive cranioplasty after traumatic brain injury in children[J]. Childs Nerv Syst, 2017, 33(10): 1759-1768. DOI: 10.1007/s00381-017-3541-8.
- [9] Zaed I, Servadei F. Time to define what is pediatric in cranial reconstruction[J]. Childs Nerv Syst, 2021, 37(1): 7-8. DOI: 10.1007/s00381-020-04952-5.
- [10] Frassanito P, Bianchi F, Pennisi G, et al. The growth of the neurocranium: literature review and implications in cranial repair[J]. Childs Nerv Syst, 2019, 35(9): 1459-1465. DOI: 10.1007/s00381-019-04193-1.
- [11] Sveikata L, Vasung L, El Rahal A, et al. Syndrome of the trephined: clinical spectrum, risk factors, and impact of cranioplasty on neurologic recovery in a prospective cohort[J]. Neurosurg Rev, 2022, 45(2): 1431-1443. DOI: 10.1007/s10143-021-01655-6.
- [12] Beez T, Munoz-Bendix C, Ahmadi SA, et al. From decompressive craniectomy to cranioplasty and beyond-a pediatric neurosurgery perspective[J]. Childs Nerv Syst, 2019, 35(9): 1517-1524. DOI: 10.1007/s00381-019-04303-z.
- [13] Bruns N, Kamp O, Lange K, et al. Functional short-term outcomes and mortality in children with severe traumatic brain injury: comparing decompressive craniectomy and medical management[J]. J Neurotrauma, 2022, 39(13-14): 944-953. DOI: 10.1089/neu.2021.0378.
- [14] Alkhaibary A, Alharbi A, Alnefaie N, et al. Cranioplasty: a



- comprehensive review of the history, materials, surgical aspects, and complications[J]. *World Neurosurg*, 2020, 139:445-452. DOI: 10.1016/j.wneu.2020.04.211.
- [15] Zanolini B, Zingaretti N, Verlicchi A, et al. Cranioplasty: review of materials[J]. *J Craniofac Surg*, 2016, 27(8): 2061-2072. DOI: 10.1097/SCS.0000000000003025.
- [16] Corliss B, Gooldy T, Vaziri S, et al. Complications after in vivo and ex vivo autologous bone flap storage for cranioplasty: a comparative analysis of the literature[J]. *World Neurosurg*, 2016, 96: 510-515. DOI: 10.1016/j.wneu.2016.09.025.
- [17] Ernst G, Qeadan F, Carlson AP. Subcutaneous bone flap storage after emergency craniectomy: cost-effectiveness and rate of resorption[J]. *J Neurosurg*, 2018, 129(6): 1604-1610. DOI: 10.3171/2017.6.JNS17943.
- [18] van de Vijfeijken S, Munker T, Spijker R, et al. Autologous bone is inferior to alloplastic cranioplasties: safety of autograft and allograft materials for cranioplasties, a systematic review[J]. *World Neurosurg*, 2018, 117: 443-452.e8. DOI: 10.1016/j.wneu.2018.05.193.
- [19] Fan MC, Wang QL, Sun P, et al. Cryopreservation of autologous cranial bone flaps for cranioplasty: a large sample retrospective study[J]. *World Neurosurg*, 2018, 109:e853-e859. DOI: 10.1016/j.wneu.2017.10.112.
- [20] Biskup NI, Singh DJ, Beals S, et al. Pediatric cranial vault defects: early experience with beta-tricalcium phosphate bone graft substitute[J]. *J Craniofac Surg*, 2010, 21(2): 358-362. DOI: 10.1097/SCS.0b013e3181cf606b.
- [21] Goodrich JT, Sandler AL, Tepper O. A review of reconstructive materials for use in craniofacial surgery bone fixation materials, bone substitutes, and distractors[J]. *Childs Nerv Syst*, 2012, 28(9): 1577-1588. DOI: 10.1007/s00381-012-1776-y.
- [22] Stefani R, Esposito G, Zanolini B, et al. Use of "custom made" porous hydroxyapatite implants for cranioplasty: postoperative analysis of complications in 1 549 patients[J]. *Surg Neurol Int*, 2013, 4: 12. DOI: 10.4103/2152-7806.106290.
- [23] Frassanito P, Tamburrini G, Massimi L, et al. Post-marketing surveillance of CustomBone Service implanted in children under 7 years old[J]. *Acta Neurochir (Wien)*, 2015, 157(1): 115-121. DOI: 10.1007/s00701-014-2254-y.
- [24] Sakamoto Y, Miwa T, Yoshida K, et al. Assessment of bioabsorbable hydroxyapatite for cranial defect in children[J]. *J Craniofac Surg*, 2019, 30(1): e58-e60. DOI: 10.1097/SCS.0000000000004974.
- [25] Kono M, Miwa T, Sakamoto Y, et al. Exchange cranioplasty using bioabsorbable hydroxyapatite and collagen complex after removal of an extensive frontal bone tumor in an infant[J]. *World Neurosurg*, 2020, 142:375-378. DOI: 10.1016/j.wneu.2020.07.085.
- [26] 陈拓宇, 张玉琪, 薛超强, 等. 仿生材料修补儿童颅骨缺损的术后并发症探究[J]. *中华小儿外科杂志*, 2020, 41(7): 607-612. DOI: 10.3760/cma.j.cn421158-20191223-00698.
- [27] 陈拓宇, 张玉琪, 崔福斋, 等. 仿生骨材料行儿童颅骨缺损修补的临床研究[J]. *中华神经外科杂志*, 2016, 32(4): 353-357. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1001-2346.2016.04.008.
- [28] Feroze AH, Walmsley GG, Choudhri O, et al. Evolution of cranioplasty techniques in neurosurgery: historical review, pediatric considerations, and current trends[J]. *J Neurosurg*, 2015, 123(4): 1098-1107. DOI: 10.3171/2014.11.JNS14622.
- [29] Blum KS, Schneider SJ, Rosenthal AD. Methyl methacrylate cranioplasty in children: long-term results[J]. *Pediatr Neurosurg*, 1997, 26(1): 33-35. DOI: 10.1159/000121158.
- [30] Williams L, Fan K, Bentley R. Titanium cranioplasty in children and adolescents[J]. *J Craniomaxillofac Surg*, 2016, 44(7): 789-794. DOI: 10.1016/j.jcms.2016.03.010.
- [31] Ma IT, Symon MR, Bristol RE, et al. Outcomes of titanium mesh cranioplasty in pediatric patients[J]. *J Craniofac Surg*, 2018, 29(1): 99-104. DOI: 10.1097/SCS.0000000000004045.
- [32] 中华医学会神经外科学分会, 中华医学会眼科学分会眼整形眼眶病学组. 中国成人颅眶重建修复材料及应用专家共识(2023 版)[J]. *中华医学杂志*, 2023, 103(2): 101-110. DOI: 10.3760/cma.j.cn112137-20220929-02051.
- [33] 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]. *Neurocrit Care*, 2022, 37(3): 705-713. DOI: 10.1007/s12028-022-01544-w.
- [34] Abdelwahed MS, Ali S, Abdelwahed A, et al. Cranioplasty using patient specific implants Polyether ether ketone versus ultra-high molecular weight polyethylene: a prospective study[J]. *J Craniomaxillofac Surg*, 2024, 52(11): 1299-1310. DOI: 10.1016/j.jcms.2024.08.004.
- [35] Rocque BG, Agee BS, Thompson EM, et al. Complications following pediatric cranioplasty after decompressive craniectomy: a multicenter retrospective study[J]. *J Neurosurg Pediatr*, 2018, 22(3): 225-232. DOI: 10.3171/2018.3.PEDS17234.
- [36] Domenech-Fernandez P, Yamane J, Domenech J, et al. Analysis of skull bone thickness during growth: an anatomical guide for safe pin placement in halo fixation[J]. *Eur Spine J*, 2021, 30(2): 410-415. DOI: 10.1007/s00586-020-06367-x.
- [37] Kwiecien GJ, Sinclair N, Coombs DM, et al. Long-term effect of cranioplasty on overlying scalp atrophy[J]. *Plast Reconstr Surg Glob Open*, 2020, 8(8): e3031. DOI: 10.1097/GOX.0000000000003031.
- [38] Gill JH, Choi HH, Lee SH, et al. Comparison of postoperative complications between simultaneous and staged surgery in cranioplasty and ventriculoperitoneal shunt placement after decompressive craniectomy[J]. *Korean J Neurotrauma*, 2021, 17(2): 100-107. DOI: 10.13004/kjnt.2021.17.e20.
- [39] Schuss P, Borger V, Güresir Á, et al. Cranioplasty and ventriculoperitoneal shunt placement after decompressive craniectomy: staged surgery is associated with fewer postoperative complications[J]. *World Neurosurg*, 2015, 84(4): 1051-1054. DOI: 10.1016/j.wneu.2015.05.066.
- [40] Hirschmann D, Kranawetter B, Kirchschrager C, et al. Cranioplasty following ventriculoperitoneal shunting: lessons learned[J]. *Acta Neurochir (Wien)*, 2021, 163(2): 441-446. DOI: 10.1007/s00701-020-04597-y.

