

· 综述 ·

儿童颅缝早闭外科诊治进展

孙再做¹ 李智慧² 安宗剑² 徐卫丽² 高菲² 孙勇²

¹ 山东第二医科大学临床医学院, 潍坊 261053; ² 青岛市妇女儿童医院神经外科, 青岛 264000

通信作者: 孙勇, Email: shsunyong@163.com



全文二维码

【摘要】 颅缝早闭是由于一条或多条颅缝过早融合, 进而影响患儿脑和颅骨正常发育, 导致智力发育障碍, 并出现各种头颅畸形和颅内压增高的一种疾病, 手术是该病的重要治疗方式。本文综述颅缝早闭手术诊治进展, 供临床与研究参考。

【关键词】 颅缝早闭; 诊断; 神经外科手术; 儿童

【基金项目】 山东省自然科学基金(25-1-1-249-zyyd-jch)

DOI: 10.3760/cma.j.cn101785-202412014

Advances in surgical diagnosis and treatment of craniosynostosis in children

Sun Zai¹, Li Zhihui², An Zongjian², Xu Weili², Gao Fei², Sun Yong²

¹ School of Clinical Medicine, Shandong Second Medical University, Weifang 261053, China; ² Department of Pediatric Neurological Surgery, Municipal Women & Children's Hospital, Qingdao University, Qingdao 264000, China

Corresponding author: Sun Yong, Email: shsunyong@163.com

【Abstract】 As a congenital condition characterized by a premature fusion of one or more cranial sutures, craniosynostosis disrupts normal skull and brain development. It results in elevated intracranial pressure, various cranial deformities and potential neurodevelopmental delays. Surgical intervention remains a primary treatment. This review focused upon the latest surgical approaches for craniosynostosis, aiming to provide a framework for future research directions.

【Key words】 Craniosynostoses; Diagnosis; Surgical Procedures, Operative; Child

【Fund program】 Shandong Provincial Natural Science Foundation(25-1-1-249-zyyd-jch)

DOI: 10.3760/cma.j.cn101785-202412014

颅缝早闭是指婴儿出生前或出生后发生的一条或多条颅缝过早融合, 使颅骨垂直于融合方向生长受限, 而沿融合方向出现代偿性生长, 导致头颅畸形、颅内压增高, 并可能阻碍脑发育的一种先天性疾病, 发病率约 1/2 500^[1]。手术是颅缝早闭的重要治疗方式^[2]。但目前关于其手术时机与手术方式尚无统一标准, 尤其是对于类型复杂、临床表现多样的综合征型颅缝早闭, 需根据个体情况制定个性化手术方案。本文就颅缝早闭的外科诊治进展进行综述, 以期为该病的治疗提供更加全面和系统的认识。

一、颅缝早闭的病因

颅缝早闭的病因尚不明确, 较为普遍的观点是遗传因素、胚胎发育异常及环境因素共同作用的结果。多数综合征型颅缝早闭由单基因突变引起, 其中成纤维细胞生长因子受体(fibroblast growth factor receptor, FGFR)基因家族突变最为常见^[3]。而非综合征型颅缝早闭通常为多因素致病, 母体妊娠期服用抗甲状腺药物(如丙硫氧嘧啶)、甲状腺功能亢进或接触特定致畸物等环境因素, 均被证实可增加子代发

病^[4]。此外, 子宫内机械性压迫(如多胎妊娠、羊水过少或巨大儿等)也可能通过限制颅脑正常发育而诱发本病。

二、颅缝早闭的分类

颅缝早闭可根据多器官受累情况分为非综合征型和综合征型。非综合征型颅缝早闭常孤立发生, 涉及单一颅缝, 发病率 0.4/1 000 ~ 1.0/1 000, 根据颅缝可进一步分类, 不同类型颅缝早闭按发病率降序排列依次为: 矢状缝早闭(舟状头)、冠状缝早闭(短头/斜头)、额缝早闭(三角头)和人字缝早闭(后枕斜头)^[5]。综合征型颅缝早闭是指颅骨畸形伴呼吸、神经、心脏、肌肉骨骼及视听异常的复杂疾病^[6]; 每种综合征都有其特定的基因突变, 常见相关综合征及突变基因包括: Crouzon 综合征(FGFR2 突变)、Apert 综合征(FGFR2 突变)、Pfeiffer 综合征(FGFR2 和 FGFR1 突变)、Muenke 综合征(FGFR3 突变)和 Saethre-Chotzen(TWIST1 突变)等^[6]。

三、颅缝早闭的诊断

颅缝早闭的诊断需要依据临床表现、影像学检查, 并结合遗传学检测及产前评估进行。临床表现包括: 头颅形态异

常(如舟状头、短头、斜头等),以及可能伴随的颅内压升高、视力障碍等^[7]。影像学检查包括:①颅骨 B 超,具有无辐射优势,可用于婴儿早期颅缝及囟门闭合情况的评估,但其对颅缝终点、边缘及深面结构的辨识能力有限,在临床应用中存在一定局限性^[8]。②头颅 X 线平片,可用于评估颅缝闭合情况及显示颅骨内板指压痕,从而间接反映颅内压变化;然而婴幼儿颅骨矿化程度低,常导致闭合颅缝与指压痕显示不清,诊断灵敏度较低,临床应用也受限^[9]。③头颅 CT 加颅骨三维重建,可清晰、多角度显示颅缝早闭的部位、颅骨形态及脑内结构,是目前诊断该病的金标准,可为手术方案的制定提供关键依据^[10-11]。

颅缝早闭与遗传有关,非综合征型颅缝早闭和综合征型颅缝早闭涉及不同的遗传机制^[12]。遗传学研究有助于理解颅缝早闭的发病机制,并为预防和治疗颅缝早闭提供新的思路。此外,颅缝早闭很少在产前获得诊断,然而一些头颅形状和生长模式可在产前提示综合征型颅缝早闭,如严重的 Pfeiffer 综合征可在产前超声检查中表现为三叶草状头颅;Apert 综合征可根据双顶径异常和头端畸形等特征进行产前诊断^[13]。

四、颅缝早闭的治疗

国外有学者提出对于轻度颅缝早闭、高风险患儿或家庭心理及经济负担较大的患儿,保守治疗可能是更合适的选择^[14-15]。但手术仍然是目前颅缝早闭的重要治疗方式,手术对于纠正畸形和改善预后至关重要。手术的目标是扩大颅腔容积、降低颅内压力、保护脑功能、改善头颅外观^[16]。手术指征:①由于生长模式改变引起外观异常;②对发育存在负面影响,这可能是由于局部颅骨生长抑制导致颅内压升高而引起局部脑血流受影响^[17]。手术治疗需要综合考虑颅缝早闭的类型、患者年龄等因素,然而手术时机及手术方式的选择仍然存在争议。

(一)手术时机

关于颅缝早闭的最佳手术时机一直存在争议,有研究表明,延迟治疗可能增加颅内压升高的风险,并加剧面部畸形^[18]。除上述因素以外,患儿对手术的生理耐受性是另一个重要考量因素,神经外科医师多倾向于在出生后 3~6 个月实施手术,因为此阶段患儿生理储备相对完善^[19]。但若已出现颅内压增高或视神经功能障碍等,则需早期手术干预。Patel 等^[20]研究显示,6 月龄前接受手术的患儿其神经认知功能恢复更佳。手术时机对于神经发育的影响尚不十分明确,在选择手术时机时,必须在早期手术促进神经发育和延迟手术促进颅骨生长之间权衡。Al-Jabri 等^[21]研究发现,在 6~12 月龄时进行手术是防止神经发育恶化和有利颅骨生长与形态发育的最佳平衡点。此外,不同手术方式对于手术时机的选择亦存在影响,微创内镜手术多适用于 6 月龄以内患儿,而全颅盖重建术则常推荐在 6 月龄以后实施,以降低手术风险^[22-23]。

(二)手术方式

1. 微创颅骨条形切除术:该术式最初由 Lannelongue^[24]

和 Lane^[25]开创,尽管早期病死率较高,但随着微创技术的发展和普及,目前已广泛应用于临床。对于 6 月龄以内的颅缝早闭,可采取内镜下带状颅骨切除术,早期手术有利于颅骨塑形,且微创技术具有手术时间短、出血量少、术后恢复快等优势^[26]。有研究显示,内镜微创技术相较于开放手术,可显著缓解患儿家属的心理负担;进一步研究发现,实施内镜微创技术和开放手术的两组患者在神经认知结局方面的差异具有统计学意义($P < 0.05$)^[27-28]。

微创颅骨条形切除术后常联合以下辅助技术以巩固疗效。①塑形头盔:术后尽早佩戴定制头盔,每天不少于 23 h,持续至 1 岁。头盔通过外部硬壳和内部泡沫模具引导颅骨正常生长,期间需由矫形师定期调整以确保效果^[16]。②弹簧植入术:术中植入颅骨扩张弹簧可保持颅缝分离,但需警惕再融合风险^[29]。Runyan 等^[30]研究表明,与开放手术相比,弹簧辅助技术在改善头颅指数、减少出血、缩短手术及住院时间方面更具优势,且感染发生率与再手术率均与开放手术相当,但需二次手术取出弹簧。

2. π 形截骨术:Friede 等^[31]对早期动态颅骨成形术进行改良,形成了 π 形截骨术。该术式自冠状缝后约 1.0 cm 处横行截取宽约 1.5 cm 骨条,两端至左右颞顶缝处,且横跨矢状窦上方;自闭合的矢状缝旁开 1.5 cm 处平行于矢状缝及人字缝截取弧形骨条至颞顶缝处,骨条平行于矢状缝处宽约 2.0 cm,平行于人字缝处宽约 1.0 cm,两侧对称性截骨,截取的骨条类似 π 形。张迪等^[32]对 4 例单纯矢状缝早闭患儿施行该术式,并联合术后矫形头盔治疗,结果显示患儿头颅外观明显改善,且手术时间短、术中出血少、术后并发症少。然而,该术式目前报道病例数有限,其长期疗效及对多颅缝早闭的适用性尚待更多研究验证。此外,手术需在矢状窦上方操作,存在损伤静脉窦的潜在风险。

3. 颅缝再造术:颅缝再造术是治疗儿童颅缝早闭的主要手术方式,其目的是通过选择性去除过早闭合骨缝区域的部分骨质,实现颅骨的再塑形和扩充颅腔空间。该术式可以有效纠正畸形外观,缓解过高的颅内压,改善脑功能。车武强等^[33]对 83 例儿童矢状缝早闭患者实施双顶部扩大颅缝再造术,术后头颅外观显著改善,体现了该术式的可靠疗效。此外,美国南加州大学研究团队发表的一项研究中,提出了基于间充质干细胞(mesenchymal stem cell, MSC)的颅缝再生方法,旨在通过生物活性干预恢复颅缝生理性生长功能,为逆转颅骨畸形和神经认知异常提供了一种治疗方案^[34]。

4. 浮动骨瓣颅骨切开术:该术式用于颅缝早闭伴有颅内压增高或颅骨严重薄弱的情况。将骨瓣切割成所需形状后置入原位塑形,以促进脑的发育和生长。建议在 6 月龄以前进行手术,以充分利用婴儿颅骨的高可塑性^[35]。鲍南等^[36]采用大范围颅骨切开并多块硬脑膜附着式颅骨瓣治疗 63 例婴幼儿颅缝早闭,术后均取得了良好的效果,证实该术式可有效促进颅脑横向扩张及远期大脑发育。然而,该术式亦存在相应局限:术中出血风险较高、手术时间延长,且浮动骨瓣的稳定性依赖于硬脑膜附着,术后存在骨瓣移位的潜在

风险^[37]。

5. 全颅盖重建术:全颅盖重建术是目前治疗颅缝早闭的主流术式。其通过完全暴露颅盖,游离多个骨瓣,以及调整骨瓣位置、形态,进而重塑颅盖整体形状。虽然颅盖重塑的设计可能因机构不同而异,但基本原则是一致的:释放融合缝线,重塑由骨性结合引起的发育不良区域以及因代偿性生长引起的增生区域^[38]。为确保围手术期安全(尤其是减少出血风险),建议该术式于 6 月龄后进行,6 月龄以前手术可能增加二次翻修概率^[23]。此阶段颅骨兼具良好的可塑性及较强的再骨化能力,利于术中塑形及术后缺损修复^[39-40]。Greensmith 等^[41]对 30 例中重度舟状头畸形患儿进行全颅盖重建术,长期随访结果证实其可有效恢复头颅外形。

6. 额眶前移术:额眶前移术是治疗颅缝早闭的又一重要术式,尤其适用于额缝早闭和双侧冠状缝早闭的患儿。手术方法为截取额骨及额眶带,额眶带塑形并置于眶上壁前移 1.0~1.5 cm,固定于鼻根部、双侧眶外缘和颞部^[42];再将额骨板放于额眶带之上,调整并形成较理想的角度和弧度后固定。李森等^[43]对比分析了 15 例额缝早闭患儿行额眶前移术前及术后 1 年随访的额叶体积、脑体积、额角、额叶/脑比例等指标,术后 1 年上述指标均较术前明显改善,证实该术式可有效促进额叶及颅腔形态的发育。

7. 枕部及后颅窝牵张成骨术:该术式在枕骨隆突上缘顶、枕骨进行截骨后,于矢状缝两侧各安置 1 个延长装置;术后 3 d 开始延长,每侧延长 0.5 mm/d,延长结束后固定 6 个月,然后取出延长装置。董晨彬等^[44]认为该术式适用于有明显短头畸形、枕部扁平或顶枕部有明显压痕,以及合并 Chiari 畸形的患儿,其在 4 例综合征型颅缝早闭中的应用显示,术前后颅窝平坦外观显著改善,颅腔容积明显扩大。Barone 等^[45]也通过动物实验证明了牵张成骨在兔颅穹窿扩张中的有效性。该术式具有以下优点:①头皮无张力闭合,软组织可以随着骨逐渐后移而适应。②硬脑膜附着在穹窿骨内表面,有助于维持局部供血。③可诱导额眶区通过颅底缝移动和定向生长实现二次扩张,较前颅窝术式能更有效地增加颅内容积。同时有助于减轻小脑扁桃体下疝,但该观点还值得进一步研究^[46]。此外,该术式允许在学龄儿童中进行颅骨扩张而无需植骨^[47-49]。当涉及多条缝线时,也可以使用颅骨牵张装置通过可调节螺钉实现缓慢稳定地分离,但需二次手术取出牵张装置。

五、3D 打印技术与计算机辅助技术在颅缝早闭中的应用

头颅 3D 打印模型在非综合征型颅缝早闭手术前设计中已有应用,通过 1:1 打印 3D 颅骨模型,在模型上进行手术计划、模拟和矫正,并制作跨手术区域的金属导板,作为术中引导工具。房博等^[48]研究表明,基于头颅 3D 打印模型的术前规划能够实现术中操作与术前设计的高度吻合,有助于提升手术精度并改善预后。此外,3D 打印技术在颅缝早闭手术领域还具有许多潜在益处,包括简化手术计划、制定个体化模板、利于住院医师培训以及协助患者咨询^[49]。利用术

中导航和 3D 打印技术,颅缝早闭的重建工作流程能够将术前手术计划准确地转化到术中,从而提高颅缝早闭手术的可重复性,并减少外科医师技术水平的差异性,因此可在实际手术中使用,最大限度减少颅骨畸形的介入计划,以确保最佳结局,且不会大幅增加手术时间^[50]。

计算机辅助三维数字化技术同样在颅缝早闭的诊疗中发挥着重要作用。基于 ProPlan 等软件平台,可以实现术前三维测量、手术模拟设计以及术后疗效量化评估,通过颅骨对称性分析与颅腔容积计算,可以客观评价形态与功能改善情况。董雪^[51]研究发现,该技术的应用不仅提高了手术精度,也为术后颅脑发育评估提供了客观依据。

总之,颅缝早闭是一种复杂的颅面畸形,对患儿的生长发育及生活质量有着深远的影响。随着外科技术的进步、计算机辅助诊疗技术的创新以及多学科协作诊疗模式的深入,儿童颅缝早闭的外科诊治正朝着精准化、微创化、个体化的方向发展,以期为患者提供更加安全有效的治疗策略,进而改善其远期预后与生存质量。

利益冲突 所有作者声明不存在利益冲突

参 考 文 献

- [1] Hersh DS, Hughes CD. Syndromic craniosynostosis: unique management considerations[J]. *Neurosurg Clin N Am*, 2022, 33(1): 105-112. DOI: 10.1016/j.nec.2021.09.008.
- [2] Kajdic N, Spazzapan P, Velnar T. Craniosynostosis-recognition, clinical characteristics, and treatment[J]. *Bosn J Basic Med Sci*, 2018, 18(2): 110-116. DOI: 10.17305/bjms.2017.2083.
- [3] Vajo Z, Francomano CA, Wilkin DJ. The molecular and genetic basis of fibroblast growth factor receptor 3 disorders; the achondroplasia family of skeletal dysplasias, Muenke craniosynostosis, and Crouzon syndrome with acanthosis nigricans [J]. *Endocr Rev*, 2000, 21(1): 23-39. DOI: 10.1210/edrv.21.1.0387.
- [4] Rasmussen SA, Yazdy MM, Carmichael SL, et al. Maternal thyroid disease as a risk factor for craniosynostosis[J]. *Obstet Gynecol*, 2007, 110(2 Pt 1): 369-377. DOI: 10.1097/01.AOG.0000270157.88896.76.
- [5] Greenwood J, Flodman P, Osann K, et al. Familial incidence and associated symptoms in a population of individuals with nonsyndromic craniosynostosis[J]. *Genet Med*, 2014, 16(4): 302-310. DOI: 10.1038/gim.2013.134.
- [6] Katouni K, Nikolaou A, Mariolis T, et al. Syndromic craniosynostosis: a comprehensive review [J]. *Cureus*, 2023, 15(12): e50448. DOI: 10.7759/cureus.50448.
- [7] 龚铭鲲, 易林华, 李云林. 与儿童颅缝早闭相关的并发症及神经病理损害研究进展[J]. *中华整形外科杂志*, 2021, 37(9): 1068-1072. DOI: 10.3760/cma.j.cn114453-20200322-00172-1.
- [8] Gong MK, Yi LH, Li YL. Research advances on complications and neuropathological damage associated with craniosynostosis in children[J]. *Chin J Plast Surg*, 2021, 37(9): 1068-1072. DOI: 10.3760/cma.j.cn114453-20200322-00172-1.
- [9] Soboleski D, McCloskey D, Mussari B, et al. Sonography of normal cranial sutures[J]. *AJR Am J Roentgenol*, 1997, 168(3): 819-821. DOI: 10.2214/ajr.168.3.9057541.
- [9] 中国儿童颅缝早闭症诊治协作组. 儿童颅缝早闭症诊治专家

- 共识[J]. 中华小儿外科杂志, 2021, 42(9): 769-773. DOI: 10.3760/cma.j.cn421158-20210208-00069.
- Collaborative Group of Diagnosing and Treating Craniosynostosis for Chinese Children. Expert Consensus on Diagnosing and Treating Craniosynostosis in Children[J]. Chin J Pediatr Surg, 2021, 42(9): 769-773. DOI: 10.3760/cma.j.cn421158-20210208-00069.
- [10] 杨柳青, 张磊, 文利. CT 头面部三维重建在颅缝早闭中的诊断价值[J]. 陆军军医大学学报, 2016, 38(8): 881-884. DOI: 10.16016/j.1000-5404.201509075.
- Yang LQ, Zhang L, Wen L. Value of CT head facial 3D reconstruction in the diagnosis of craniosynostosis [J]. J Army Med Univ, 2016, 38(8): 881-884. DOI: 10.16016/j.1000-5404.201509075.
- [11] 李军亮, 陈程, 王方宇. 8 例婴幼儿颅缝早闭手术治疗体会[J]. 深圳中西医结合杂志, 2017, 27(10): 151-153, 199. DOI: 10.16458/j.cnki.1007-0893.2017.10.075.
- Li JL, Chen C, Wang FY. Surgical treatment of infantile craniosynostosis: a report of 8 cases [J]. Shenzhen J Integr Tradit Chin West Med, 2017, 27(10): 151-153, 199. DOI: 10.16458/j.cnki.1007-0893.2017.10.075.
- [12] 卢云鹤, 穆雄铮. 颅缝早闭发病机制及诊治进展[J]. 中华整形外科杂志, 2016, 32(6): 477-480. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1009-4598.2016.06.023.
- Lu YH, Mu XZ. Research advances on the pathogenesis, diagnosis and treatment of craniosynostosis [J]. Chin J Plast Surg, 2016, 32(6): 477-480. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1009-4598.2016.06.023.
- [13] Stanton E, Urata M, Chen JF, et al. The clinical manifestations, molecular mechanisms and treatment of craniosynostosis [J]. Dis Model Mech, 2022, 15(4): dmm049390. DOI: 10.1242/dmm.049390.
- [14] Santiago GS, Santiago CN, Chwa ES, et al. Positional plagiocephaly and craniosynostosis [J]. Pediatr Ann, 2023, 52(1): e10-e17. DOI: 10.3928/19382359-20221114-03.
- [15] Kapp-Simon KA, Collett BR, Barr-Schinzel MA, et al. Behavioral adjustment of toddler and preschool-aged children with single-suture craniosynostosis [J]. Plast Reconstr Surg, 2012, 130(3): 635-647. DOI: 10.1097/PRS.0b013e31825dc18b.
- [16] Governale LS. Craniosynostosis [J]. Pediatr Neurol, 2015, 53(5): 394-401. DOI: 10.1016/j.pediatrneurol.2015.07.006.
- [17] Fearon JA. Evidence-based medicine: Craniosynostosis [J]. Plast Reconstr Surg, 2014, 133(5): 1261-1275. DOI: 10.1097/PRS.000000000000093.
- [18] Panchal J, Uttchin V. Management of craniosynostosis [J]. Plast Reconstr Surg, 2003, 111(6): 2032-2048. DOI: 10.1097/01.PRS.0000056839.94034.47.
- [19] Wan DC, Kwan MD, Lorenz HP, et al. Current treatment of craniosynostosis and future therapeutic directions [J]. Front Oral Biol, 2008, 12: 209-230. DOI: 10.1159/000115043.
- [20] Patel A, Yang JF, Hashim PW, et al. The impact of age at surgery on long-term neuropsychological outcomes in sagittal craniosynostosis [J]. Plast Reconstr Surg, 2014, 134(4): 608e-617e. DOI: 10.1097/PRS.0000000000000511.
- [21] Al-Jabri T, Eccles S. Surgical correction for unilateral lambdoid synostosis: a systematic review [J]. J Craniofac Surg, 2014, 25(4): 1266-1272. DOI: 10.1097/SCS.0000000000000961.
- [22] Pendharkar AV, Shahin MN, Cavallo C, et al. Minimally invasive approaches to craniosynostosis [J]. J Neurosurg Sci, 2018, 62(6): 745-764. DOI: 10.23736/S0390-5616.18.04483-1.
- [23] Utria AF, Lopez J, Cho RS, et al. Timing of cranial vault remodeling in nonsyndromic craniosynostosis: a single-institution 30-year experience [J]. J Neurosurg Pediatr, 2016, 18(5): 629-634. DOI: 10.3171/2016.5.PEDS1663.
- [24] Lannelongue M. De la craniectomie dans la microcéphalie [J]. C R Seances Acad Sci, 1890, 110: 1382-1385.
- [25] Lane LC. Pioneer craniectomy for relief of mental imbecility due to premature sutural closure and microcephalus [J]. JAMA, 1892, XVIII(2): 49-50. DOI: 10.1001/jama.1892.02411060019001f.
- [26] Jimenez DF, Moon HS. Endoscopic approaches to craniosynostosis [J]. Atlas Oral Maxillofac Surg Clin North Am, 2022, 30(1): 63-73. DOI: 10.1016/j.exom.2021.11.003.
- [27] Kim D, Pryor LS, Broder K, et al. Comparison of open versus minimally invasive craniosynostosis procedures from the perspective of the parent [J]. J Craniofac Surg, 2008, 19(1): 128-131. DOI: 10.1097/SCS.0b013e31816552fd.
- [28] Derderian CA, Heppner C, Craddock MM, et al. The effects of whole-vault cranioplasty versus strip craniectomy on long-term neuropsychological outcomes in sagittal craniosynostosis [J]. Plast Reconstr Surg, 2015, 136(1): 114e-115e. DOI: 10.1097/PRS.0000000000001344.
- [29] Shruthi NM, Gulati S. Craniosynostosis: a pediatric neurologist's perspective [J]. J Pediatr Neurosci, 2022, 17(S1): S54-S60. DOI: 10.4103/jpn.JPN_25_22.
- [30] Runyan CM, Gabrick KS, Park JG, et al. Long-term outcomes of spring-assisted surgery for sagittal craniosynostosis [J]. Plast Reconstr Surg, 2020, 146(4): 833-841. DOI: 10.1097/PRS.0000000000001768.
- [31] Friede H, Lauritzen C, Figueroa AA. Roentgencephalometric follow-up after early osteotomies in patients with scaphocephaly [J]. J Craniofac Surg, 1996, 7(2): 96-101. DOI: 10.1097/00001665-199603000-00002.
- [32] 张迪, 葛明, 李大鹏, 等. π 形截骨术联合矫形头盔治疗婴儿矢状缝早闭 [J]. 中华整形外科杂志, 2023, 39(1): 47-53. DOI: 10.3760/cma.j.cn114453-20211228-00486.
- Zhang D, Ge M, Li DP, et al. π craniectomy combined with orthopedic helmet for treatment of infant sagittal synostosis [J]. Chin J Plast Surg, 2023, 39(1): 47-53. DOI: 10.3760/cma.j.cn114453-20211228-00486.
- [33] 车武强, 邓舒, 薛皓予, 等. 双顶部扩大颅缝再造术治疗儿童矢状缝早闭的疗效观察 [J]. 中华神经外科杂志, 2022, 38(6): 566-569. DOI: 10.3760/cma.j.cn112050-20220224-00105.
- Che WQ, Deng S, Xue HY, et al. Observation of therapeutic effect of biparietal cranial suture expansion and cranioplasty in the treatment of pediatric sagittal synostosis [J]. Chin J Neurosurg, 2022, 38(6): 566-569. DOI: 10.3760/cma.j.cn112050-20220224-00105.
- [34] Cell: 颅缝再生为颅骨早闭症治疗带来新希望 [J]. 中华医学信息导报, 2021, 36(2): 19. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1000-8039.2021.02.119.
- Cell: cranial suture regeneration offers new hope for the treatment of craniosynostosis [J]. China Med News, 2021, 36(2): 19. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1000-8039.2021.02.119.
- [35] Vyas K, Gibreel W, Mardini S. Virtual surgical planning (VSP) in craniomaxillofacial reconstruction [J]. Facial Plast Surg Clin North Am, 2022, 30(2): 239-253. DOI: 10.1016/j.fsc.2022.01.016.
- [36] 鲍南, 褚珺, 王雪, 等. 大范围颅骨切开并多块硬脑膜附着式颅骨瓣治疗婴幼儿矢状缝早闭 63 例 [J]. 中华整形外科杂

- 志,2016,32(1):9-13. DOI:10.3760/cma.j.issn.1009-4598.2015.06.003.
- Bao N, Chu J, Wang X, et al. Extensive cranioplasty for sagittal synostosis in young children by preserving multiple cranial bone flaps adhered to the dura mater; experience with 63 cases [J]. Chin J Plast Surg, 2016, 32(1):9-13. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1009-4598.2015.06.003.
- [37] David DJ. Delivery of health care to the craniofacially deformed; a long-term global view [J]. J Craniofac Surg, 2020, 31(3):612-615. DOI:10.1097/SCS.0000000000006267.
- [38] 文海韬, 顾硕, 吴水华. 狭颅症的诊疗进展[J]. 临床小儿外科杂志, 2018, 17(2):146-149. DOI:10.3969/j.issn.1671-6353.2018.02.014.
- Wen HT, Gu S, Wu SH. Research advances of diagnosing and treating craniostenosis disease [J]. J Clin Ped Sur, 2018, 17(2):146-149. DOI:10.3969/j.issn.1671-6353.2018.02.014.
- [39] 李制一, 汪婧怡, 顾硕. 颅缝早闭的诊治现状及未来研究方向 [J]. 临床小儿外科杂志, 2024, 23(2):101-108. DOI:10.3760/cma.j.cn101785-202401007-001.
- Li ZY, Wang JY, Gu S. Current status of diagnosing and treating craniosynostosis and future research directions [J]. J Clin Ped Sur, 2024, 23(2):101-108. DOI:10.3760/cma.j.cn101785-202401007-001.
- [40] Xue AS, Buchanan EP, Hollier LH Jr. Update in management of craniosynostosis [J]. Plast Reconstr Surg, 2022, 149(6):1209e-1223e. DOI:10.1097/PRS.0000000000009046.
- [41] Greensmith AL, Holmes AD, Lo P, et al. Complete correction of severe scaphocephaly; the Melbourne method of total vault remodeling [J]. Plast Reconstr Surg, 2008, 121(4):1300-1310. DOI:10.1097/01.prs.0000304592.56498.d6.
- [42] Hernandez CR, Miller M, Ruiz RL. Fronto-orbital advancement and anterior cranial vault reconstruction [J]. Atlas Oral Maxillofac Surg Clin North Am, 2022, 30(1):75-84. DOI:10.1016/j.exom.2021.11.013.
- [43] 李森, 詹琪佳, 肖波, 等. 眼眶前移手术对额缝早闭患儿额叶容量及社会情绪改善的效果评价 [J]. 临床小儿外科杂志, 2024, 23(2):119-124. DOI:10.3760/cma.j.cn101785-202311041-004.
- Li S, Zhan QJ, Xiao B, et al. Improvements of frontal lobe volume and social emotions on metopic synostosis with frontal-orbital advancement [J]. J Clin Ped Sur, 2024, 23(2):119-124. DOI:10.3760/cma.j.cn101785-202311041-004.
- [44] 董晨彬, 李军, 何炜婧, 等. 应用牵张成骨术扩大后颅窝治疗综合征型颅缝早闭 [J]. 中华整形外科杂志, 2017, 33(2):81-84. DOI:10.3760/cma.j.issn.1009-4598.2017.02.001.
- Dong CB, Li J, He WJ, et al. Management of syndromic craniosynostosis using posterior cranial vault distraction osteogenesis: preliminary findings [J]. Chin J Plast Surg, 2017, 33(2):81-84. DOI:10.3760/cma.j.issn.1009-4598.2017.02.001.
- [45] Barone CM, Ferder M, Jimenez DF, et al. Distraction of the frontal bone outside the cranial plane: a rabbit model [J]. J Craniofac Surg, 1993, 4(3):177-181. DOI:10.1097/00001665-199307000-00013.
- [46] Steinbacher DM, Skirpan J, Puchala J, et al. Expansion of the posterior cranial vault using distraction osteogenesis [J]. Plast Reconstr Surg, 2011, 127(2):792-801. DOI:10.1097/PRS.0b013e318200ab83.
- [47] Komuro Y, Hashizume K, Koizumi T, et al. Cranial expansion with distraction osteogenesis for multiple-suture synostosis in school-aged children [J]. J Craniofac Surg, 2009, 20(2):457-460. DOI:10.1097/scs.0b013e31819b9845.
- [48] 房博, 张芳芳, 王立, 等. 基于头颅 3D 打印模型的术前设计在非综合征性颅缝早闭手术中的初步应用 [J]. 中华神经外科杂志, 2022, 38(6):570-575. DOI:10.3760/cma.j.cn112050-20220228-00122.
- Fang B, Zhang FF, Wang L, et al. Preliminary application of preoperative design based on 3D printed skull model in surgery of non-syndromic craniosynostosis [J]. Chin J Neurosurg, 2022, 38(6):570-575. DOI:10.3760/cma.j.cn112050-20220228-00122.
- [49] Soldozy S, Yağmurlu K, Akyeampong DK, et al. Three-dimensional printing and craniosynostosis surgery [J]. Childs Nerv Syst, 2021, 37(8):2487-2495. DOI:10.1007/s00381-021-05133-8.
- [50] García-Mato D, Ochandiano S, García-Sevilla M, et al. Craniosynostosis surgery: workflow based on virtual surgical planning, intraoperative navigation and 3D printed patient-specific guides and templates [J]. Sci Rep, 2019, 9(1):17691. DOI:10.1038/s41598-019-54148-4.
- [51] 董雪. 计算机辅助三维数字化技术在先天性颅缝早闭症诊断和治疗中的应用 [D]. 北京:北京协和医学院, 2014. DOI:10.7666/d.Y2629246.
- Dong X. Application of computer-assisted three-dimensional digital technique in the diagnoses and management of congenital craniosynostosis [D]. Beijing: Peking Union Medical College, 2014. DOI:10.7666/d.Y2629246.

(收稿日期:2024-12-04)

本文引用格式: 孙再做, 李智慧, 安宗剑, 等. 儿童颅缝早闭外科诊治进展 [J]. 临床小儿外科杂志, 2026, 25(2):196-200. DOI: 10.3760/cma.j.cn101785-202412014.

Citing this article as: Sun ZA, Li ZH, An ZJ, et al. Advances in surgical diagnosis and treatment of craniosynostosis in children [J]. J Clin Ped Sur, 2026, 25(2):196-200. DOI: 10.3760/cma.j.cn101785-202412014.