

· 综 述 ·

颅骨成形术促进神经功能恢复的机制研究进展

郭 芳 李中振 靳 峥 杨 帆 张 昕

【关键词】 颅骨成形术;神经功能;脑脊液动力学;脑血液循环;脑代谢;认知功能

【文章编号】 1009-153X(2023)03-0216-03 【文献标志码】 A 【中国图书资料分类号】 R 651.1+1

在临床工作中,对颅脑损伤、大面积脑梗死、脑出血等导致的难治性颅内压增高,去骨瓣减压术为挽救病人生命的有效方法^[1,2],但手术所造成的颅骨缺损会引起脑组织和颅内血管受压或膨出、脑脊液循环紊乱,进而引起一系列临床症状。因此,当脑组织肿胀消退、病情平稳后,需行颅骨成形术,能有效预防和治疗颅骨缺损的并发症,促进神经功能恢复^[3-6]。但颅骨成形术促进神经功能恢复的具体机制仍不清楚。本文将从脑脊液动力学、脑血液循环、脑代谢和认知功能四个方面加以阐述,并且探讨颅骨成形术与脑积水的相关性。

1 颅骨成形术对脑脊液动力学的影响

颅骨成形术通过封闭颅腔使颅内容物处于稳定的环境中,缓解脑组织因体位改变而发生的位移,稳定颅内压(intracranial pressure, ICP),恢复紊乱的脑脊液零压和流体静力压^[7,8]。Lilja-Cyron 等^[9]通过对颅骨成形术病人进行 ICP 监测,发现仰卧位时平均 ICP 在颅骨成形术后明显增加,而坐位时平均 ICP 不变,并且颅骨成形术后仰卧位与坐位之间的 ICP 差值增加。Dujovny 等^[10]研究发现去骨瓣减压术后脑脊液 MRI 表明颅底脑脊液循环受损,这种受损在颅骨成形术后得以改善。这表明颅骨成形术可以恢复正常的 ICP,促进脑脊液的循环流动。

2 颅骨成形术对脑血流的影响

去骨瓣减压术后,大气压力直接作用于颅骨缺损部位,导致局部皮层的外部压力增加,两个大脑半球产生压力梯度^[11],大脑的动脉系统^[12]和静脉系统^[11]的自动调节能力在这种额外的压力下受到损害,最

终导致去骨瓣减压术的同侧及对侧脑组织的低灌注。颅骨成形术使大脑两半球的大气压力差消除,从而恢复脑血管的储备能力^[12],增加脑灌注^[13,14],促进神经功能的恢复。

Kuo 等^[15]通过经颅多普勒超声和 ¹³³Xe 吸入法研究发现颅骨成形术后双侧脑血流量(cerebral blood flow, CBF)均有所增加,但只有颅骨缺损对侧大脑中动脉 CBF 增加具有统计学差异。Wen 等^[14]通过经颅多普勒超声研究表明,颅骨成形术后 7 d 颅骨缺损对侧颈内动脉(internal carotid artery, ICA)血流增加。有学者发现早期颅骨成形术(3 个月内)的病人,大脑中动脉血流速度在颅骨缺损同侧与对侧均增加,ICA 血流速度在同侧增加;晚期颅骨成形术的病人,只有病变对侧 ICA 的脑血流增加,而且早期颅骨成形术对脑灌注有潜在的好处^[16]。

不同的大脑区域在颅骨成形术后会获得独特的恢复。Wen 等^[14]在颅骨成形术后 7 d 运用 CT 灌注成像技术(computed tomography perfusion imaging, CTP)发现顶叶和枕叶 CBF 升高,但未监测到基底节区 CBF 升高。Jiang 等^[17]研究发现脑血流灌注在去骨瓣减压术同侧半球明显低于对侧半球,颅骨成形术后 7 d 颅骨缺损同侧额、颞、顶、中脑、基底节、丘脑的脑血容量(cerebral blood volume, CBV)明显改善,但缺损同侧枕叶及小脑的 CBV 未见改善。

颅骨成形术的长期疗效又如何呢? Sarubbo 等^[18]研究发现,虽然颅骨成形术后 7 d 的 CBV 和 CBF 有所增加,但术后 30 d 的 CBV 和 CBF 低于术前状态。Jiang 等^[17]研究认为,颅骨成形术 6 个月,基底节和丘脑的 CBV 逐渐恢复到颅骨成形术前的水平,而额颞顶叶及中脑仍维持较好的 CBV;推测颅骨成形术可导致前循环的两种血流动力学改变:CBV 增加,以大脑前动脉灌注区 CBF 增加为主;CBV 增加,以大脑中动脉灌注区平均通过时间增加为主,这种大脑前动脉和大脑中动脉以不同的方式灌注大脑,进一步表

明颅骨成形术恢复大脑的自我调节。

3 颅骨成形术对脑代谢的影响

Yoshida 等^[19]利用 ¹³³Xe-CT 和 ³¹P-MRS 研究 7 例病人的 CBF 和代谢,发现一旦水肿消失,就应该进行颅骨成形术治疗,因为颅骨缺损本身可能会降低 CBF,进一步干扰能量代谢。Wen 等^[14]使用 PET 研究表明,颅骨成形术可导致术后 7 d 在颅骨缺损同侧和对侧 ¹⁸FDG 摄取上调,而且同侧半球表现更明显。这表明大脑整体代谢增强,使主要受伤者和非受伤者的皮层和皮层下结构的可逆性损伤部分功能恢复,对临床结果有良好的预测价值^[12]。

4 颅骨成形术对认知功能的改善

张逵^[20]通过脑电图观察颅骨缺损病人颅骨成形术后的神经电生理变化,结果表明颅骨成形术有益于脑功能的改善。通过临床观察,Stefano 等^[21]发现颅骨缺损颅骨成形术后病人的记忆力、注意力、语言和执行能力都有不同程度的提高。另外,颅骨成形术后病人 GCS 评分和 Barthel 评分^[15],以及日常生活活动、功能独立性和认知评估均有显著改善^[22]。Winkler 等^[12]研究认为接受颅骨成形术的病人变得很容易沟通与合作,其中获益最多的是那些硬脑膜窦附近有颅骨缺陷的病人。

颅骨成形术对认知及神经功能的改善得到学者一致认可^[21,23,24],而颅骨成形术的时机对认知功能的影响仍存在很大争议。De Cola 等^[25]通过 meta 分析发现,如果病人正在接受神经心理康复治疗,改善预后的最佳颅骨成形术时间是去骨瓣减压术后的 3~6 个月。然而,有学者认为颅骨成形术后神经系统预后是多种混杂因素共同的作用,包括神经心理康复、手术时间、手术技术和认知评估工具等^[26,27]。

5 颅骨成形术与脑积水

在去骨瓣减压术后行颅骨成形术的病人中,脑积水发生率在 2%~29%,与多种因素相关,包括脑室出血、蛛网膜下腔出血或去骨瓣减压术本身^[28]。理论上,早期颅骨成形术可以恢复正常脑脊液循环,减少脑积水的发生。Malcolm 等^[29]通过 meta 分析指出早期颅骨成形术(3 个月内)与晚期(≥3 个月)相比,轴外脑积水的发生率无差异,但在亚组分析中,早期颅骨成形术的创伤人群中轴外脑积水发生率显著降低,而混合人群中没有差异,也就是说,对于预判需要进行脑积水处理的病人,早期颅骨成形术与晚期

颅骨成形术没有明显差别,对于没有预先存在脑积水的创伤病人推荐早期颅骨成形术,减少脑积水发生。对于未来的研究来说,评估不同人群中既存的脑积水是否会影响最佳颅骨成形术时机是很重要的。

总之,颅骨成形术通过不同的机制促进神经功能恢复。临床情况允许,对没有预先存在脑积水的创伤病人推荐 3 个月内行颅骨成形术;其他病人,建议去骨瓣减压术后 3~6 个月行颅骨成形术,以促进神经功能恢复,更好地改善病人的预后。

【参考文献】

[1] García-Feijoo P, Isla A, Díez-Tejedor E, *et al.* Decompressive craniectomy in malignant middle cerebral artery infarction: family perception, outcome and prognostic factors [J]. *Neurocirugia (Astur :Engl Ed)*, 2020, 31(1): 7-13.

[2] Stephen H. Decompressive craniectomy for severe traumatic brain injury reduces mortality but increases survival with severe disability [J]. *Evid Based Med*, 2017, 22(2): 6.

[3] Kim BW, Kim TU, Hyun JK. Effects of early cranioplasty on the restoration of cognitive and functional impairments [J]. *Ann Rehabil Med*, 2017, 41(3): 354-361.

[4] Di Rienzo A, Colasanti R, Gladi M, *et al.* Sinking flap syndrome revisited: the who, when and why [J]. *Neurosurg Rev*, 2019, 43(1): 323-335.

[5] 宋健,杜浩,刘敏,等.早期颅骨修补术对颅骨缺损患者脑灌注及生存质量的影响[J].中国临床神经外科杂志,2013,18(5):274-275,285.

[6] 王正君,姬西团.早期颅骨修补术对颅脑损伤去骨瓣减压术后神经功能及并发症的影响[J].中国临床神经外科杂志,2016,21(10):626-628.

[7] Magnaes B. Body position and cerebrospinal fluid pressure: Part 1: clinical studies on the effect of rapid postural changes [J]. *J Neurosurg*, 1976, 44(6): 687-697.

[8] Magnaes B. Body position and cerebrospinal fluid pressure: Part 2: clinical studies on orthostatic pressure and the hydrostatic indifferent point [J]. *J Neurosurg*, 1976, 44(6): 698-705.

[9] Lilja-Cyron A, Andresen M, Kelsen J, *et al.* Intracranial pressure before and after cranioplasty: insights into intracranial physiology [J]. *J Neurosurg*, 2019. Online ahead of print.

[10] Dujovny M, Fernandez P, Alperin N, *et al.* Post-cranioplasty

- cerebrospinal fluid hydrodynamic changes: magnetic resonance imaging quantitative analysis [J]. *Neurol Res*, 1997, 19: 311–316.
- [11] Segal DH, Oppenheim JS, Murovic JA. Neurological recovery after cranioplasty [J]. *Neurosurgery*, 1994, 34(4): 729–731.
- [12] Winkler PA, Stummer W, Linke R, *et al.* Influence of cranioplasty on postural blood flow regulation, cerebrovascular reserve capacity, and cerebral glucose metabolism [J]. *J Neurosurg*, 2000, 93(1): 53–61.
- [13] Shahid A, Mohanty M, Singla N, *et al.* The effect of cranioplasty following decompressive craniectomy on cerebral blood perfusion, neurological, and cognitive outcome [J]. *J Neurosurg*, 2018, 128(1): 229–235.
- [14] Wen L, Lou H, Xu J, *et al.* The impact of cranioplasty on cerebral blood perfusion in patients treated with decompressive craniectomy for severe traumatic brain injury [J]. *Brain Inj*, 2015, 29: 1654–1660.
- [15] Kuo JR, Wang CC, Chio CC, *et al.* Neurological improvement after cranioplasty—analysis by transcranial doppler ultrasonography [J]. *J Clin Neurosci*, 2004, 11: 486–489.
- [16] Song J, Liu M, Mo X, *et al.* Beneficial impact of early cranioplasty in patients with decompressive craniectomy: evidence from transcranial Doppler ultrasonography [J]. *Acta Neurochir (Wien)*, 2013, 156(1): 193–198.
- [17] Jiang Y, Wang YK, Shi XL, *et al.* Improvement of cerebral blood perfusion in certain cerebral regions after cranioplasty could be monitored via tympani membrane temperature changes [J]. *Brain Inj*, 2018, 32(11): 1405–1412.
- [18] Sarubbo S, Latini F, Ceruti S, *et al.* Temporal changes in CT perfusion values before and after cranioplasty in patients without symptoms related to external decompression: a pilot study [J]. *Neuroradiology*, 2014, 56(3): 237–243.
- [19] Yoshida K, Furuse M, Izawa A, *et al.* Dynamics of cerebral blood flow and metabolism in patients with cranioplasty as evaluated by ^{133}Xe CT and ^{31}P magnetic resonance spectroscopy [J]. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*, 1996, 61(2): 166–171.
- [20] 张 遼. 定量脑电图对颅骨重建病人脑功能康复的评估研究[J]. *四川医学*, 2010, 31(10): 1425–1427.
- [21] Stefano CD, Rinaldesi ML, Quinquinio C, *et al.* Neuropsychological changes and cranioplasty: a group analysis [J]. *Brain Inj*, 2016, 30(2): 164–171.
- [22] Honeybul S, Janzen C, Kruger K. The impact of cranioplasty on neurological function [J]. *Br J Neurosurg*, 2013, 27(5): 636–641.
- [23] Paredes I, Castao-León AM, Munarriz PM, *et al.* Cranioplasty after decompressive craniectomy: a prospective series analyzing complications and clinical improvement [J]. *Neurocirugia (Astur)*, 2015, 26(3): 115–125.
- [24] Bender A, Heulin S, Rohrer S, *et al.* Early cranioplasty may improve outcome in neurological patients with decompressive craniectomy [J]. *Brain Inj*, 2013, 27(9): 1073–1079.
- [25] De Cola MC, Corallo F, Pria D, *et al.* Timing for cranioplasty to improve neurological outcome: a systematic review [J]. *Brain Behav*, 2018, 8: e01106.
- [26] Corallo F, De Cola MC, Lo Buono V, *et al.* Early vs late cranioplasty: what is better [J]. *Int J Neurosci*, 2017, 127(8): 688–693.
- [27] 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.
- [28] Stiver SI. Complications of decompressive craniectomy for traumatic brain injury [J]. *Neurosurg Focus*, 2009, 26(6): E7.
- [29] Malcolm JG, Rindler RS, Chu JK, *et al.* Complications following cranioplasty and relationship to timing: a systematic review and meta-analysis [J]. *J Clin Neurosci*, 2016, 33: 39–51.

(2021-06-05 收稿, 2021-10-01 修回)