

创伤性颅脑损伤的手术治疗

张旭晨 李坤正*

青海大学附属医院神经外科 青海 西宁 810000

【摘要】：创伤性颅脑损伤（TBI）是一种高病死率和高致残率的全球性健康问题，给社会带来沉重负担。手术干预是治疗中、重度 TBI，尤其是合并颅内占位性病变和难治性颅内压（ICP）升高的关键手段。本综述系统概述了 TBI 手术治疗的主要原则。颅内压监测是重型 TBI 管理的核心环节，尽管其应用价值存在一定争议，但在资源充足的环境下对于预防继发性脑损伤至关重要。开颅术是清除颅内血肿、中断颅内高压恶性循环的基础手术方式。具体的手术策略因损伤类型而异：对于硬膜外血肿，开颅血肿清除是首选且通常有效的方法；对于急性硬膜下血肿，则在开颅血肿清除与去骨瓣减压术（DC）之间存在选择争议；对于创伤性脑出血与挫伤，手术决策需综合考量血肿体积、占位效应及神经功能状态。最后，颅骨成形术用于修复去骨瓣减压术或创伤造成的颅骨缺损，不仅能恢复生理结构、治疗环钻综合征，还能改善神经功能与脑灌注。尽管外科技术与证据不断演进，但许多领域仍需通过更高质量的临床研究来优化治疗策略，最终改善 TBI 患者的预后。

【关键词】：创伤性颅脑损伤；手术治疗；颅内压监测；开颅术；去骨瓣减压术；硬膜外血肿；急性硬膜下血肿；创伤性脑出血；颅骨成形术；继发性脑损伤

DOI:10.12417/2982-3838.25.04.018

创伤性颅脑损伤（traumatic brain injury, TBI）是指因跌倒、袭击和交通事故等外部暴力作用于头部而引起的损伤，其范围涵盖头部软组织损伤、颅骨骨折，以及脑血管、脑组织和神经的损伤。无论 TBI 是单独发生还是合并其他部位损伤，都是一种病死率和致残率较高的严重损伤。在全球范围内，TBI 依然是导致死亡和残疾的主要原因之一。各国 TBI 的发病率约为每 10 万人中 150 至 300 例，欧洲地区平均为每 10 万人中 235 例^[1]。我国多项大规模调查显示，TBI 的年发生率约为每 10 万人中 55.4 至 64.0 例，相当于每年新增患者 77.28 万至 89.28 万，给家庭和社会带来了沉重负担^[2]。在急性期临床实践中，通常采用格拉斯哥昏迷量表（GCS）对 TBI 的严重程度进行分类：GCS 评分 ≤ 8 分为重度，9–12 分为中度，13–15 分为轻度。目前，重型 TBI 的病死率仍高达 39%^[4]。这类死亡多发生于伤后最初几小时内，而继发性脑损伤，如颅内压（ICP）升高、脑组织灌注不足、缺血性梗死、代谢紊乱及体温异常等，是加重 TBI 患者脑损伤程度、导致临床结局恶化甚至死亡的关键因素^[5]。手术是创伤性颅脑损伤（TBI）治疗的关键措施，主要适用于两种情况：一是清除颅内血肿，尤其对于脑实质内血肿，手术引流是直接有效的疗法；二是处理药物无法控制的严重脑肿胀与颅内压（ICP）升高。本文将对 TBI 手术治疗的主要原则进行概述。

1 颅内压监测

颅内压（ICP）监测是创伤性颅脑损伤（TBI）治疗的核心环节。对于因镇静、肌松而无法进行常规神经评估的重型 TBI

患者，ICP 监测是预防继发性损伤的关键手段^[6]。其根本原因有二：第一，ICP 升高是颅内占位效应（如血肿、挫伤或脑肿胀）升级的重要标志，忽视监测可能延误识别，导致脑疝和死亡。第二，ICP 升高会直接降低脑灌注压（CPP），引发脑组织缺血缺氧；而缺血作为一种继发性损害，显著增加死亡风险与不良预后的可能。多项队列研究表明，颅内压（ICP）升高（界定为 20-25 mmHg）与创伤性颅脑损伤（TBI）后的较高死亡率独立相关^[7]。基于此类证据，2016 版《脑外伤基金会指南》建议进行 ICP 监测，以降低住院及伤后 2 周死亡率。然而，2011 年发表于《新英格兰医学杂志》的一项在厄瓜多尔和玻利维亚进行的前瞻性试验，对此提出了挑战。该研究将患者随机分为 ICP 监测组与影像学联合临床检查组，两组均按既定方案进行降颅压治疗，结果显示在由 21 个等权重指标构成的复合终点上，两组主要结局并无差异。尽管如此，包括我们在内的许多学者仍基于以下三点理由，反对据此放弃 ICP 监测：首先，该研究统计效力不足，II 类错误风险很高。为实现在格拉斯哥结局量表上报告 10% 的有利结局差异，该研究设计的统计效力仅为 40%。其次，必须指出该试验开展的拉丁美洲地区与欧美发达国家在 TBI 院前管理上存在显著差异。后者普遍建有快速反应系统，绝大多数 TBI 患者由救护车转运；而该试验中仅 45% 的参与者通过救护车送达医院^[8]。第三，ICP 监测的价值不仅在于数值本身，其波形分析能提供更多信息；此外，脑内探头还可整合脑组织氧合、微透析等多元信号，为临床决策提供更全面的依据。综上所述，我们认为在发达国家放弃 ICP 监测将不利于重型 TBI 患者的预后。同时必须承认，BEST-TRIP 试验

【作者简介】 张旭晨(1997-),男,汉族, 陕西西安人,硕士在读,主要从事神经系统疾病颅脑肿瘤的研究。

【通讯作者】 李坤正(1968 -),男,汉族, 青海西宁人,主任医师,教授,主要从事神经系统疾病颅脑肿瘤的研究。

表明,资源有限地区的临床医生在无 ICP 监测的情况下管理 TBI 同样具备专业知识,且此做法并未导致更差结局。该试验也提示,ICP 升高虽是导致 TBI 不良预后的重要机制,但非唯一机制。甘露醇和高渗盐水(hypertonic saline, HS)是暂时降低 ICP 有效且常用的高渗制剂。然而,院前使用甘露醇和 HS 对 TBI 患者预后的改善效果尚存争议。Meta 分析结果显示,接受 HS 或甘露醇治疗的颅内高压 TBI 患者的全因病死率差异无统计学意义^[9]。一项回顾性队列研究发现,与甘露醇相比,接受 HS 治疗可降低在院前出现瞳孔散大的 TBI 患者的 ICU 病死率。因此,目前的证据不支持在院前环境中常规使用甘露醇或 HS 预防性降低 ICP^[10]因此,持续改进 TBI 管理方案至关重要。

2 开颅术

开颅术是一种通过临时切除部分颅骨以进入颅内空间的外科手术,在 TBI 治疗中主要用于清除颅内血肿。颅内血肿会引发一系列病理生理变化:导致 ICP 升高、CPP 降低、脑缺氧和进一步脑水肿,形成恶性循环。手术清除血肿是中断此循环的关键。巨大的血肿本身即可直接引起脑疝和死亡。对于重型 TBI,外科手术(开颅或减压术)通常被认为比保守治疗更合适。手术的潜在益处与疾病严重程度成正比。反之,轻中度 TBI 合并小血肿通常采用保守治疗。手术决策不仅依据指南中提及的具体参数(如血肿体积),更是一个综合评估过程,需全面考虑 GCS 评分、瞳孔反应、年龄,以及如有条件,高级脑监测所提供的多维度信息。

3 硬膜外血肿

硬膜外血肿通常由头部直接受击引起,且多发生于受击的同侧。鉴于单纯的硬膜外血肿较少伴有严重的脑实质损伤,开颅血肿清除术是其首选的手术方式^[11]。现有指南建议,对于血肿体积大于 30 mL 者,无论其 GCS 评分如何,均应进行血肿清除^[12]。然而,在临床实践中,手术决策还需综合考量患者的神经系统状况、年龄、既存疾病、全身状况、血肿位置及其所产生的占位效应。手术时,皮肤切口与骨瓣的设计需依据血肿的大小和位置个体化确定;对于硬膜外血肿,极少需要制作创伤性大的切口和骨瓣。在复位固定骨瓣前,亦可探查其下方的硬膜下间隙,以清除可能存在的额外血凝块。

4 硬膜下血肿

急性硬膜下血肿(aSDH)通常源于加速-减速型损伤导致的桥静脉撕裂,常见于跌落或高速交通事故。其出血机制以静脉性为主,这与硬膜外血肿(EDH)不同;动脉出血(源于皮质小动脉)仅占 20%至 30%。伴有相关脑实质损伤^[13]、年龄较大或血肿范围较广的患者,死亡率通常更高。现行指南与专家共识建议,对所有血肿厚度大于 10 毫米或中线移位超过 5 毫米的成年 aSDH 患者进行手术干预^[14]。手术方式主要有两种:

开颅术(术毕复位骨瓣)与去骨瓣减压术(DC,术毕保留骨瓣)。由于合并 aSDH 的 TBI 患者常伴有显著的脑内损伤和肿胀,颅内压升高风险较大,因此后者(DC)应用更为普遍^[15]。2001 年欧洲脑损伤协会的一项调查显示,约四分之一的 aSDH 手术采用了 DC。而我们团队近期的调查进一步揭示了地区差异:其他欧洲国家的神经外科医生有近半数(44%)在超过一半的 aSDH 病例中采用原发性 DC,而英国/爱尔兰的这一比例仅为 21%,这表明在术式选择上存在显著分歧^[16]。为此,明确指导何时应行开颅术或 DC 至关重要。由英国国家卫生研究所(NIHR)资助的 RESCUE-aSDH 研究于 2014 年启动,旨在比较 aSDH 清除后,原发性 DC 与开颅术对重度 TBI 患者的疗效。研究对符合条件的术中患者进行随机分组;对于因严重脑肿胀而无法安全复位骨瓣的患者,则不纳入随机,仅作为观察性队列进行随访^[17]。

5 脑出血

创伤性脑出血(ICH)与脑挫伤好发于额叶与颞叶的基底面。专家共识建议,在以下情况时应考虑手术清除血肿:患者因血肿或挫伤出现进行性神经功能恶化;存在药物难以控制的颅内压(ICP)升高;血肿体积大于 50 mL;或对于 GCS 评分为 6 至 8 分的额/颞叶挫伤患者,若挫伤体积大于 20 mL、中线移位超过 5 mm,或 CT 显示脑池受压^[18]。对于弥漫性双额叶挫伤伴 ICP 升高的患者,单纯去骨瓣减压术(DC)也是一种选择。若后颅窝血肿引发明显的占位效应(如基底池或第四脑室受压)、梗阻性脑积水或严重的神经功能障碍^[19],则需行血肿清除术。从病理生理学角度看,血肿的存在可导致血液分解产物释放,引发脑组织炎症,从而加重损伤与水肿,因此血肿清除具备其理论依据。遗憾的是,目前唯一一项对幕上创伤性 ICH 早期手术与初始保守治疗效果的研究(STITCH(Trauma)试验)因故提前终止。尽管样本量因此减少,未能达到完全的统计学意义,但试验结果仍显示:早期手术组有 63%的患者获得良好预后,高于保守治疗组的 53%(OR=0.65; 95% CI: 0.35-1.21; p=0.171)。然而,初始保守治疗组的死亡率(33%)显著高于早期手术组(15%)(p=0.006)。这一结果有待样本量更充分的研究予以验证,并需依据 ICP 严重程度对手术实践进行分层指导^[20]。此外必须认识到,在缺乏 ICP 监测或 CT 设备等资源的医疗环境中,手术清除脑出血的作用可能比在资源完备、能有效监测和管理 ICP 的环境中更为重要。

6 颅骨成形术

颅骨成形术是一种用于修复颅骨缺损的外科手术,该缺损通常源于去骨瓣减压术(DC)或创伤性颅脑损伤(TBI)本身。该手术的目的不仅在于恢复颅腔完整性以保护脑组织,还被证实能改善神经功能与心理状态。当颅骨完整性受损后,部分患者可能出现运动、认知及语言障碍^[21],这些症状统称为“环钻综合征”或“皮瓣凹陷综合征”,其严重头痛和癫痫症状也可归因于

此^[22,23]。该综合征的发生机制被认为是脑脊液动力学紊乱与大气压力通过骨缺损处直接作用于脑组织所致。颅骨成形术通过恢复正常的脑脊液动力学、消除大气压的异常影响,从而改善患者的神经系统预后^[24,25]。尽管环钻综合征相对罕见且定义尚未完全统一,但颅骨成形术的益处可能超越对此综合征的治疗。研究通过CT与MRI扫描证实^[26,27],该手术能改善脑灌注,并在外观修复与心理健康方面带来积极影响。然而,颅骨成形术也存在相关并发症。无论使用何种材料,自体骨移植面临的主要问题是骨瓣吸收与感染;此外,术中或术后可能发生脑组织肿胀或出血^[28,29]。在材料选择上,甲基丙烯酸甲酯仍是应用最广泛的合成材料之一^[30],其他常用材料包括羟基磷灰石和钛

网。一项近期比较自体骨与钛网的随机对照试验显示:在24个月随访时,钛网组无一例发生颅骨成形术失败,而自体骨组则有25%的患者因骨瓣吸收等问题需要再次手术翻修,两者差异具有统计学意义(0% vs. 25%; P=0.001)。该研究同时发现,使用钛网可显著降低后续的医院护理费用^[31]。

7 结论

手术干预是治疗严重创伤性颅脑损伤(TBI)的基石。随着外科技术的动态演进以及多项关键临床试验带来的深刻见解,其治疗策略不断深化。然而,为了进一步优化治疗策略并改善患者的最终预后,持续深入的临床研究依然至关重要。

参考文献:

- [1] JAMES S L, THEADOM A, ELLENBOGEN R G, et al. Global, regional, and national burden of traumatic brain injury and spinal cord injury, 1990 - 2016: a systematic analysis for the global burden of disease study 2016[J]. *Lancet Neurology*, 2019, 18(1): 56-87.
- [2] ROOZENBEEK B, MAAS A I R, MENON D K. Changing patterns in the epidemiology of traumatic brain injury[J]. *Nature Reviews Neurology*, 2013, 9(4): 231-236.
- [3] JIANG J Y, GAO G Y, FENG J F, et al. Traumatic brain injury in China[J]. *Lancet Neurology*, 2019, 18(3): 286-295.
- [4] ROSENFELD J V, MAAS A I, BRAGGE P, et al. Early management of severe traumatic brain injury[J]. *Lancet*, 2012, 380(9847): 1088-1098.
- [5] LULLA A, LUMBA-BROWN A, TOTTEN A M, et al. Prehospital guidelines for the management of traumatic brain injury - 3rd edition[J]. *Prehospital Emergency Care*, 2023, 27(5): 507-538.
- [6] STOCCHETTI N, PICETTI E, BERARDINO M, et al. Clinical applications of intracranial pressure monitoring in traumatic brain injury: report of the milan consensus conference[J]. *Acta Neurochirurgica*, 2014, 156(8): 1615-1622.
- [7] FARAHVAR A, GERBER L M, CHIU Y L, et al. Response to intracranial hypertension treatment as a predictor of death in patients with severe traumatic brain injury: clinical article[J]. *Journal of Neurosurgery*, 2011, 114(5): 1471-1478.
- [8] CZOSNYKA M, LAVINIO A, PICKARD J D. Intracranial pressure: more than a number[J]. *Neurosurg. Focus*, 2007, 22.
- [9] MIYOSHI Y, KONDO Y, SUZUKI H, et al. Effects of hypertonic saline versus mannitol in patients with traumatic brain injury in prehospital, emergency department, and intensive care unit settings: a systematic review and meta-analysis[J]. *Journal of Intensive Care*, 2020, 8(1): 61.
- [10] HAWRYLUK G W J, LULLA A, BELL R, et al. Guidelines for prehospital management of traumatic brain injury 3rd edition: executive summary[J]. *Neurosurgery*, 2023, 93(6): e159-e169.
- [11] PATEL K, KOLIAS A G, HUTCHINSON P J. What's new in the surgical management of traumatic brain injury?[J]. *Journal of Neurology*, 2015, 262(1): 235-238.
- [12] BULLOCK M R, CHESNUT R, GHAJAR J, et al. Surgical management of acute subdural hematomas[J]. *Neurosurgery*, 2006, 58(suppl_3): S2-16-S2-24.
- [13] MAXEINER H. Pure subdural hematomas: a postmortem analysis of their form and bleeding points[J]. 2002, 50(3).
- [14] BULLOCK M R, CHESNUT R, GHAJAR J, et al. Surgical management of acute subdural hematomas[J]. *Neurosurgery*, 2006, 58(suppl_3): S2-16-S2-24.
- [15] SHIN D S, HWANG S C. Neurocritical management of traumatic acute subdural hematomas[J]. *Korean Journal of Neurotrauma*, 2020, 16(2): 113.

- [16] KOLIAS A G, BELLI A, LI L M, et al. Primary decompressive craniectomy for acute subdural haematomas: results of an international survey[J]. *Acta Neurochirurgica*, 2012, 154(9): 1563-1565.
- [17] IGOSHEVA N. Randomised evaluation of surgery with craniectomy for patients undergoing evacuation of acute subdural haematoma (RESCUE-ASDH)[DS/OL]. [2025-11-13]. <http://www.isrctn.com/ISRCTN87370545>.
- [18] BULLOCK M R, CHESNUT R, GHAJAR J, et al. Surgical management of traumatic parenchymal lesions[J]. *Neurosurgery*, 2006, 58(suppl_3): S2-25-S2-46.
- [19] BULLOCK M R, CHESNUT R, GHAJAR J, et al. Surgical management of posterior fossa mass lesions[J]. *Neurosurgery*, 2006, 58(suppl_3): S2-47-S2-55.
- [20] GREGSON B A, ROWAN E N, FRANCIS R, et al. Surgical trial In traumatic intraCerebral haemorrhage (STITCH): a randomised controlled trial of early surgery compared with initial conservative treatment[J]. *Health Technology Assessment*, 2015, 19(70): 1-138.
- [21] JOSEPH V, REILLY P. Syndrome of the trephined: case report[J]. *Journal of Neurosurgery*, 2009, 111(4): 650-652.
- [22] ROMERO F R, ZANINI M A, DUCATI L G, et al. Sinking skin flap syndrome with delayed dysautonomic syndrome—an atypical presentation[J]. *International Journal of Surgery Case Reports*, 2013, 4(11): 1007-1009.
- [23] SU J, WU Y, GUO N, et al. The effect of cranioplasty in cognitive and functional improvement: experience of post traumatic brain injury inpatient rehabilitation[J]. *Kaohsiung Journal of Medical Sciences*, 2017, 33(7): 344-350.
- [24] HONEYBUL S, JANZEN C, KRUGER K, et al. The impact of cranioplasty on neurological function[J]. *British Journal of Neurosurgery*, 2013, 27(5): 636-641.
- [25] DI STEFANO C, STURIALE C, TRENTINI P, et al. Unexpected neuropsychological improvement after cranioplasty: a case series study[J]. *British Journal of Neurosurgery*, 2012, 26(6): 827-831.
- [26] SAKAMOTO S, EGUCHI K, KIURA Y, et al. CT perfusion imaging in the syndrome of the sinking skin flap before and after cranioplasty[J]. *Clinical Neurology and Neurosurgery*, 2006, 108(6): 583-585.
- [27] STIVER S I, WINTERMARK M, MANLEY G T. Reversible monoparesis following decompressive hemicraniectomy for traumatic brain injury[J]. *Journal of Neurosurgery*, 2008, 109(2): 245-254.
- [28] KLINGER D R, MADDEN C, BESHAY J, et al. Autologous and acrylic cranioplasty: a review of 10 years and 258 cases[J]. *World Neurosurgery*, 2014, 82(3-4): e525-e530.
- [29] SCHUSS P, VATTER H, MARQUARDT G, et al. Cranioplasty after decompressive craniectomy: the effect of timing on postoperative complications[J]. *Journal of Neurotrauma*, 2012, 29(6): 1090-1095.
- [30] HONEYBUL S, MORRISON D A, HO K M, et al. A randomised controlled trial comparing autologous cranioplasty with custom-made titanium cranioplasty: long-term follow-up[J]. *Acta Neurochirurgica*, 2018, 160(5): 885-891.
- [31] DROSOS G I, BABOURDA E, MAGNISSALIS E A, et al. Mechanical characterization of bone graft substitute ceramic cements[J]. *Injury*, 2012, 43(3): 266-271.