

去骨瓣减压术在重型颅脑损伤中的应用进展

顾永¹ 任艳明¹ 杨朝华¹ 徐南威² 综述 张跃康¹ 审校

(1. 四川大学华西医院神经外科, 四川 成都 610041; 2. 四川大学数学学院, 四川 成都 610041)

【摘要】 创伤性脑损伤(TBI)是世界范围内的公众健康和社会经济问题。重型颅脑损伤后常出现颅内压(ICP)升高,进而导致脑灌注压(CPP)、脑血流量和氧合降低。这些效应会进一步加重脑水肿,形成恶性循环,严重致脑疝和死亡。去骨瓣减压术(DC)是一种去除部分颅骨并打开下方硬脑膜的手术,为不断肿胀的脑组织提供额外的空间,从而降低TBI患者ICP升高和脑疝风险。尽管DC提高了生存率,但更高比例的DC幸存者经历了中重度残疾。DC相关残疾引发了激烈的伦理争议,并且DC及随后的颅骨成形术与许多并发症有关。本文就DC重型颅脑损伤的应用进展做一综述,为重型颅脑损伤的诊疗与DC的选择提供帮助。

【关键词】 去骨瓣减压术;重型颅脑损伤;颅内压;手术指征;手术时机;手术切口

【中图分类号】 R651.1⁺5 **【文献标志码】** A **DOI:**10. 3969/j. issn. 1672-3511. 2022. 06. 031

The application progress of decompressive craniectomy in severe traumatic injury

GU Yong¹, REN Yanming¹, YANG Chaohua¹, XU Nanwei², *Reviewing*, ZHANG Yuekang¹ *Checking*

(1. Department of Neurosurgery, West China Hospital, Sichuan University, Chengdu 610041, China;

2. College of Mathematics Sichuan University, Chengdu 610041, China)

【Abstract】 Traumatic brain injury (TBI) is a worldwide public health and social economic problem. After severe traumatic brain injury, Intracranial pressure (ICP) often increases, leading to decreased Cerebral perfusion pressure (CPP), Cerebral blood flow and oxygenation. These effects further aggravate cerebral edema, creating a vicious cycle that can lead to severe herniation and death. Decompressive craniectomy (DC) is a procedure to remove part of the skull and open up the underlying dura mater to provide extra space for swelling brain tissue, thereby reducing the risk of elevated ICP and cerebral hernia in TBI patients. Although DC improves survival, a higher proportion of DC survivors experience moderate to severe disability. Related disabilities of DC have aroused intense ethical debate. DC and subsequent cranioplasty have been associated with many complications. In this paper, the application progress of DC in severe traumatic brain injury was reviewed, in order to provide help for diagnosis and treatment of severe traumatic brain injury and selection of DC.

【Key words】 Decompressive craniectomy; Severe traumatic brain injury; Intracranial pressure; Surgical indications; Operative opportunity; Surgical incision

创伤性脑损伤(Traumatic brain injury, TBI)是由于外力造成的损伤性病变,如击打、高处坠落、交通事故等^[1],长期以来,根据格拉斯哥昏迷评分(Glasgow Coma Scale, GCS)将TBI分为轻型(GCS 13~15分)、中型(9~12分)和重型(3~8分)^[2]。重型颅脑损伤是世界范围内的一个重大公共卫生和社会经济问题。根据世界卫生组织统计,每年约有500多万人死于创伤,占世界每年死亡人数的9%,创伤还导致数百万非致

命性损伤,如终身残疾等。在所有类型的损伤中,颅脑损伤导致的死亡与永久残疾占比最大^[3]。全球每年约6900万人遭受颅脑外伤,但由于数据采集的不完整,TBI及其风险似乎被低估了,尤其是中低收入国家所面临的TBI几乎是发达国家的三倍^[4]。重型颅脑损伤常合并弥漫性脑水肿、脑组织挫伤或扩张性血肿等。由于颅腔的空间限制,脑水肿导致颅内压(Intracranial pressure, ICP)升高,进而导致脑灌注压(Cerebral perfusion pressure, CPP)、脑血流量和氧合降低。这些效应会进一步加重脑水肿,形成恶性循环,严重致脑疝和死亡^[5]。随着交通法规的完善、头盔气囊等安全护具的普遍使用,以及工作场所安全条例的规范化,重型颅脑损伤的发生率呈下降趋势^[6],但重型颅脑损伤的伤害与影响依旧严峻。

通信作者:张跃康, E-mail: 2012zykyx@sina. cn

引用本文:顾永,任艳明,杨朝华,等. 去骨瓣减压术在重型颅脑损伤中的应用进展[J]. 西部医学, 2022, 34(6): 932-936. DOI: 10. 3969/j. issn. 1672-3511. 2022. 06. 031

去骨瓣减压术(Decompressive craniectomy, DC)是一种去除部分颅骨并打开下方硬脑膜的手术,为不断肿胀的脑组织提供代偿空间,从而降低 TBI 患者 ICP 升高和脑疝风险^[7]。许多研究表明,ICP 升高是 TBI 高死亡率的独立危险因素^[6,8-10]。Badri 等^[6]与 Farahvar 等^[11]在各自的研究中,也指出了 CPP 低于 50~55 mmHg 时,将导致脑缺血,引起脑组织不可逆损伤。因此,重型颅脑损伤的诊疗都是基于有效控制 ICP 与 CPP。DC 能有效降低 ICP,改善 CPP,是重型颅脑损伤的重要治疗方式^[12]。本文就 DC 在重型颅脑损伤中的应用进展进行综述,为重型颅脑损伤的诊疗与 DC 的选择提供帮助。

1 DC 的历史回顾

DC 的历史可追溯到古埃及和古罗马,在公元前 10000 年的新石器时代,便出现了头骨钻孔^[13]。1518 年,意大利解剖学教师 Berengario da Carpi,第一次描述了开颅手术^[14]。1896 年,Charles Adrien Marcotte^[15]在其毕业论文中第一次对 DC 进行科学描述,并提出 DC 可有效降低 ICP。1909 年,瑞士医生西奥多·科赫系统描述了 TBI 的“去大骨瓣减压”。第二次世界大战期间,哈佛-库欣认为穿透性脑损伤的患者应进行 DC^[16]。随着 DC 进入临床实践,其临床效果却并不佳,平均死亡率为 46%~96%^[15]。在上个世纪,DC 经历了辉煌和饱受争议,太多 DC 术后患者遭受严重的残疾和植物人状态。进入 21 世纪后,随着神经重症护理和计算机断层扫描(Computed Tomography, CT)技术的发展,DC 的临床应用再次兴起^[17]。

2 DC 的争议

尽管 DC 提高了 TBI 患者的生存率,但更高比例的 DC 幸存者经历了中重度残疾。DC 相关残疾引发了重要的伦理争议。2020 年,“去骨瓣减压在弥漫性创伤性脑损伤”(Decompressive Craniectomy in Diffuse Traumatic Brain Injury, DECRA)临床研究指出,DC 并没有改善 TBI 患者的预后,术后成为植物人的患者增多^[18]。Hakiki 等^[19]指出,DC 常导致患者术后长期伤残。有学者统计,接受 DC 的患者预后良好的比例仅为 20%~25%^[20],并且 DC 和随后的颅骨成形术与许多并发症有关^[21-23]。如 DC 术后脑室扩张和脑积水,而 DC 是否是脑积水的独立危险因素,目前也存在一定争议^[24-26]。其余并发症如出血、感染、颅骨缺损综合征等也使得 DC 备受质疑^[27]。英国经济学家 Behranwala 等^[28]指出,相较于保守治疗,接受 DC 治疗的患者,人均医疗费用高出约 9 万英镑,这也从经济学的角度对 DC 提出了争议。尽管 DC 饱受争议,近几年的研究文献更多支持 DC 对于挽救生命的重要意义。Gao 等^[29]分析了全国 56 个中心的 TBI 患者数据,得出结论,DC 对有脑疝征象的 TBI 患者有明显治疗效果,重型颅脑损伤的患者接受 DC 治疗后都获得一定疗效。Trivedi 等^[30]研究指出,TBI 院内 30 天死亡率约为 21.7%,相较此前已取得较大改善,DC 能有效降低 TBI 患者院内死亡率。Wei 等^[31]研究指出,DC 可以使 ICP 得到更好的控制,同时增加 CPP 和脑血流,提高患者的生存率。在 2017 年第 4 版美国重型颅脑损伤指南^[32]中,将 DC 作为 II-A 级推荐。在重型颅脑损伤患者的治疗中,DC 仍然是最重要的核心手段。

3 DC 的分类及手术指征

3.1 一期 DC (Primary DC)

一期 DC 是指在急性期血肿等占位病灶(硬膜外、硬膜下、脑实质内创伤性血肿或挫伤)清除后,同时去除骨瓣^[3]。一期 DC 常在损伤后早期(通常 24 h 以内)进行。要么是因为大脑肿胀超出了颅骨,要么是患者在随后几天脑水肿风险很高。虽然 TBI 伴有急性期血肿等占位病灶的手术指征是明确的,但对神经外科医生来说,血肿清除后是否要去骨瓣,目前还没有一个有效的评分系统来预测哪些患者应该接受 DC。2015 年发表的《颅脑创伤去骨瓣减压术中国专家共识》^[33]强力推荐一期 DC 的手术指征:①重型颅脑创伤瞳孔散大的脑疝患者,CT 显示脑挫裂伤、出血、脑水肿、脑肿胀和脑梗死等占位效应明显(中线移位、基底池受压)。②ICP 进行性升高、>30 mm-Hg 持续 30 min 的重型颅脑创伤患者。

2019 年发表的《国际共识会议关于去骨瓣减压术在创伤性脑损伤治疗中的作用的共识声明》,具体提出了以下 3 种类型急性期 TBI 是否行一期 DC 的手术指征^[3]。

3.1.1 硬膜下血肿 对于需急诊手术的硬膜下血肿,在清除血肿后,若脑组织膨出高于颅骨内板,则建议 DC,若脑组织塌陷,术前 CT 未提示进展性脑肿胀风险(无明显脑实质损伤),则还纳骨瓣。硬膜下血肿清除后是否需要 DC 处理,需要手术医生在两者之间决定。

3.1.2 单纯的硬膜外血肿 对于需要急诊手术清除单纯的硬膜外血肿,在清除血肿后一般不需要 DC。

3.1.3 脑挫裂伤血肿 对于脑挫裂伤血肿,首先要决定是否清除脑挫裂伤血肿。如果不清除,可以选择单纯 DC,但在临床实践中难以准确把握 DC 指征。由于重型 TBI 患者病情复杂多变,如何能够精准实施 DC,有时会面临着艰难选择。从损伤类型看 DC 的概率:硬膜下血肿>脑内血肿(脑挫裂伤)>硬膜外血肿。关于一期 DC,清除血肿后,如果有脑组织膨出则必须 DC。没有脑组织膨出时,要根据具体情况具体处理。游潮教授等^[34]提出,对于有明显占位性损伤的 TBI 患者,术前 GCS≤6、术前双瞳散大、术中脑组织膨出都应 DC,术中发现也是决定是否 DC 的重要因素。对于急性期 TBI 出现脑疝的患者,在清除血肿后是否 DC,目前一部分患者可以保留骨瓣。Lan 等^[35]学者研究提出,DC 不一定会增加重型颅脑损伤伴脑疝时的死亡率。此外,术中脑组织隆起超过骨窗内板,则表明脑组织肿胀及 ICP 升高,可作为重型颅脑损伤伴脑疝的 DC 指征^[35]。Yang 等^[36]对 245 名重型颅脑损伤患者进行了回顾性评估,提出一期 DC 对伴有血肿等占位的重型 TBI 患者有益,术前瞳孔反射消失和 CT 显示基底池闭合是一期 DC 的独立预测因子。李强等^[37]学者认为,在决定重型颅脑损伤患者是否需要一期 DC 时,应综合考虑术前 GCS 评分、环池状态及损伤类型等方面,做出最有益于患者的个体化决策。目前对于中等程度的急性硬膜下血肿,在清除血肿后,脑组织既不松弛也不肿胀时,尚不明确是否 DC^[38],这有待于未来的临床研究进一步细分亚组。

3.2 二期 DC (Secondary DC)

当 DC 作为难治性颅内高压分级治疗方案的一部分时,此

时称为二期 DC。当患者颅内高压维持在 20~35 mmHg,且药物治疗无效时,二期 DC 常作为最后的治疗。二期 DC 也可以用于持续时间较短的早期颅内高压患者,这种情况下,二期 DC 可被视为一种神经保护措施^[3]。

3.2.1 二期 DC 的手术指征 《颅脑创伤去骨瓣减压术中国专家共识》^[33]于 2015 年提出,二期 DC 的手术推荐为:“进行性意识障碍的急性 TBI 患者,CT 显示脑挫裂伤出血、脑水肿、脑肿胀和脑梗死等占位效应明显(中线移位、基底池受压)、经渗透脱水利尿药物治疗后,颅内高压仍无法控制”。游潮等^[34]认为,对于无明显占位损伤的 TBI 患者,应严密监测 ICP 与 CPP,当 ICP 超过 25 mmHg 或 CPP 低于 50 mmHg 时,经一线药物治疗无效时,应该二期 DC。同样,2019 年发表的《国际共识会议关于去骨瓣减压术在创伤性脑损伤治疗中的作用的共识声明》,也提出了二期 DC 的手术指征^[3]:①作为 TBI 患者难以控制的颅内高压的二线治疗。②单纯的 ICP 阈值不足以决定 DC,还要结合其他临床指标。把 ICP 当作时间剂量来考虑,ICP25~30 mmHg 持续 1 h 以上,ICP30~40 mmHg 持续数分钟以上,可考虑 DC。

3.2.2 二期 DC 的手术时机 二期 DC 主要用于药物治疗无效的重型 TBI 患者,对于这类患者,尽早 DC 是否有助于改善神经功能预后、降低死亡率,引发了一系列讨论。关于临床实践中如何把握二期 DC 的手术时机,2017 年第 4 版美国重型颅脑损伤指南^[32]中建议,对于重型弥漫性 TBI 患者(不伴有血肿等急性占位),在 1 h 内 ICP 升高至 >20 mmHg 超过 15 min,药物治疗无效时,不推荐二期 DC。该建议是基于 DECRA 临床研究的结果所提出。Cooper 等^[39]根据 DECRA 临床研究在 6 个月时的结局,提出对重型弥漫性 TBI 伴难治性颅内高压的成人,早期 DC 可降低 ICP,减少重症监护室(Intensive Care Unit, ICU)住院时间。但早期 DC 与保守治疗的死亡率相似(DC 组为 19%,保守组为 18%),且接受 DC 的患者更多出现死亡、植物人或严重残疾。随着研究进行,DECRA 临床研究第 12 个月时的结果呈现,重型 TBI 患者伴有早期难治性 ICP 升高,二期 DC 没有改善预后,也未提高植物人患者的存活率^[18]。另一项“开颅手术治疗难治性颅内压升高的随机评估”(Randomised Evaluation of Surgery with Craniectomy for Uncontrollable Elevation of Intracranial Pressure, RESCUEicp)的临床研究得出,对于 TBI 患者 ICP>25 mmHg 并持续 1~12 h,二期 DC 可有效降低死亡率(26.9% vs 49.9%),但会提高植物人、严重残疾的发生率^[40]。基于以上研究,重型颅脑损伤治疗指南 2020 年 DC 建议的更新^[41]中,撤销了第 4 版的建议,增加了 3 项新建议:①推荐二期 DC 治疗晚期难治性 ICP 升高,可降低死亡率及改善预后。②不推荐二期 DC 治疗早期难治性 ICP 升高,二期 DC 不能降低死亡率及改善预后。③作为早期或晚期难治性 ICP 升高的一种治疗方法,二期 DC 能降低 ICP,减少 ICU 住院时间,但这些影响和患者预后之间的关系尚不确定。

综合目前文献报道,对于弥漫性重型颅脑损伤患者,不推荐早期行二期 DC,早期 DC 不能降低死亡率及改善预后。

4 DC 的手术方式:骨瓣与皮瓣(切口设计)

关于 DC 治疗重型颅脑损伤的手术方式,额颞顶大骨瓣优

于传统的额颞局部骨瓣,同时强调扩大修补硬膜,以减少并发症,已得到绝大多数中心的认可。Sedney 等^[42]学者提出,DC 的骨瓣大小可能与 TBI 患者死亡率显著相关。Jiang 等^[43]研究认为,对于重型颅脑损伤患者,标准外伤去大骨瓣相较于额颞局部骨瓣,能显著降低迟发性颅内血肿、脑脊液漏等并发症。对于 TBI 伴有难治性颅内高压、脑疝、颅内血肿的患者,更推荐标准额颞顶大骨瓣。Qiu 等^[44]研究表明,DC 采用大骨瓣术式在降低 ICP、死亡率和改善神经功能方面优于常规额顶骨瓣。因此,对于重型颅脑损伤患者,从第 4 版美国重型颅脑损伤指南^[32],到该指南 2020 年更新^[41]中都始终建议:采用额颞顶大骨瓣(面积不小于 12×15 cm 或直径不小于 15 cm),同时打开硬脑膜,以有效降低 ICP,减少静脉引流引起的继发皮质损伤。

去大骨瓣减压术(Decompressive Hemicraniectomy, DHC)时的标准皮瓣,传统采用的是“反问号”(reverse question mark, RQM)切口。标准的 RQM 切口始于颞弓根及耳屏前 1cm 处,切口延伸至耳廓顶,向后延伸以绕过顶骨结节,然后向前弯曲至中线,继续延伸至发尖^[45]。传统 RQM 切口,需要牺牲掉枕动脉和耳后动脉,若颞浅动脉也被牺牲时,术后感染风险较高,因为有大面积的皮瓣而血供有限^[46-47]。随着社会的进步发展,人们越发关注 TBI 患者的生存质量与 DC 的切口瘢痕美观等。随着美容整形外科的兴起,DC 切口的设计也愈发多样,皮瓣的设计不再仅仅追求手术目的,同样需要考虑术后愈合、美观等综合方面。临床神经外科医生不断提出新的切口设计理念,并设计出不同的皮瓣切口。

4.1 Kempe 切口 在伊拉克战争期间,美军军医们发现传统 RQM 切口后缘常受重力影响,而出现切口肿胀,当 RQM 切口合并头皮多发伤时,会出现头皮裂开、坏死^[16]。为解决传统 RQM 切口相关问题,美国陆军军医 Kempe^[16]于 1968 年提出的肯普(Kempe)切口再次引起关注。Kempe 切口设计为一个 T 形切口,一条切口由发际线中点至枕骨粗隆,另一条切口由颞弓根耳屏前 2cm 处向上垂直延伸至中线切口。Kempe 切口的设计目的旨在达到最大程度减压并保留皮瓣的血管蒂^[48],能有效保护枕动脉与耳后动脉。Abecassis 等^[48]研究显示, Kempe 切口能安全有效替代 RQM 切口,它可能达到更大的骨瓣减压。与传统 RQM 切口相比, Kempe 切口的感染风险没有增加,患者预后无显著差异。当重型颅脑损伤患者合并以下病情时:①双侧头部病变。②有复杂的颌面部骨折,可能需要双额叶开颅术进行眶带重建。③主要是颅骨后部病变(例如后顶骨占位或枕骨挫伤)。此时 Kempe 切口的效果会更好。

尽管目前文献更多支持 Kempe 切口的正面价值,能安全有效替代 RQM 切口,但当前关于 Kempe 切口的文献有限,尚缺乏大规模的前瞻性研究支持。关于 Kempe 切口的缺陷与负面影响尚未见报道,尤其是颞弓根至中线的垂直切口,对颞肌破坏较大,不能保护颞浅动脉,可能会出现术后颞肌萎缩、头皮坏死。甚至可能对面神经造成损伤,造成患者术后面瘫,尤其是女性患者更可能因此产生焦虑抑郁等心理危机。另一方面,两条切口的 T 型连接处,头皮愈合情况也未见报道。随着今后 Kempe 切口的前瞻性研究大规模开展,其负面影响与缺陷

也会逐步显现,届时才能客观综合评价 Kempe 切口的利弊。

4.2 RA 切口 耳后(Retroauricular, RA)切口,是由美国 Dowlati 等^[49]学者于文献中正式提出,该切口起于乳突尖端,逐渐向上和内侧弯曲,绕过顶骨结节后方形成弧线,最终并入中线。RA 切口能有效保护颞浅动脉与耳后动脉,更好保留皮瓣的血供。相较于传统 RQM 切口,RA 切口能减少术后伤口并发症,并提供更大的骨瓣减压。另一方面 RA 切口位于耳后,避开颞肌与面神经,能完整保留术后咀嚼与面神经功能。美国 Soto 等^[50]学者也推荐使用“耳后问号切口”,对重型颅脑损伤患者进行 DHC。德国 Veldeman 等^[51]学者也提出使用“改良耳后问号切口”进行 DHC,该切口后期修补颅骨的失败率与感染率更低^[52]。无论是“耳后问号切口”还是“改良耳后问号切口”,其具体手术切口与 RA 切口非常接近,笔者认为可统一归入 RA 切口。

RA 切口的不足之处在于无法保留枕动脉,可能会导致枕部皮肤、肌肉后期缺血萎缩等。同时,RA 切口并不适合所有 DHC 手术,如果损伤区域靠前,选择 RQM 切口或者双额 DC 更妥当。但对于涉及耳前耳后,颞叶、顶叶后额叶区域的大面积损伤,RA 则更有优势^[49]。尽管 RA 切口可作为 RQM 切口的安全有效替代切口,但仍需要进一步前瞻性研究来证实 RA 切口的有效性和优越性。

目前关于 DC 手术切口的设计愈发多样,其余诸如“枕额 U 形切口”、“n 型切口”、“三叶草切口”等也见文献报道^[52-55]。由于这些切口只是单中心少量病例运用,或者并未用于重型颅脑损伤,故本文未再赘述。尽管丰富多样的 DC 切口为临床医生提供了更多选择,但传统 RQM 切口仍有其不可替代的优势,尤其是在重型颅脑损伤的治疗上。一方面,传统 RQM 切口进行 DHC 可以有效降低 ICP,同时保护面神经。另一方面,RQM 切口的解剖为众多神经外科医生所熟悉,操作熟练。如重型颅脑损伤患者行一期 DC 时,熟悉的 RQM 切口可缩短手术时间,能尽快去除血肿、降低 ICP,这对于急性血肿的患者至关重要。随着各种 DC 切口兴起,传统 RQM 切口的地位受到了撼动,但也丰富了 DC 治疗重型颅脑损伤的手术方式,增加了临床医生的选择。在未来的研究中,应该对各种切口进行大规模的前瞻性对比研究,以期得出各种 DC 切口最佳受益群体。对于我国广大基层医院的神经外科医生来说,重型颅脑损伤常常由于车祸、坠落等外伤急诊入院,病情紧急危重,常常需要急诊 DC,此时传统 RQM 切口仍是首选。

5 小结与展望

重型颅脑损伤是一项重大的全球卫生挑战和公共事件,DC 是控制 ICP 升高的有效手段,是挽救生命的重要手段。尽管 DC 存在许多严重并发症,会对预后产生负面影响,但目前文献更多支持 DC 拯救生命的正面价值。未来需要进一步研究 DC 术后的病理生理过程,以降低其并发症的发生率,为 TBI 患者提供最好的手术结果。在临床试验上,对于 DC 仍有争议的损伤类型,需要进一步细分亚组,以明确 DC 最有益的 TBI 群体。另一方面,不同皮瓣切口在 TBI 患者中的前瞻性研究,都是今后的重点。

【参考文献】

- [1] TIMOFEEV I, SANTARIUS T, KOLIAS A G, *et al.* Decompressive craniectomy-operative technique and perioperative care [J]. *Adv Tech Stand Neurosurg*, 2012,38:115-136.
- [2] HARTINGS J A, BULLOCK M R, OKONKWO D O, *et al.* Spreading depolarisations and outcome after traumatic brain injury: a prospective observational study [J]. *Lancet Neurol*, 2011,10(12):1058-1064.
- [3] HUTCHINSON P J, KOLIAS A G, TAJŠIC T, *et al.* Consensus statement from the International Consensus Meeting on the Role of Decompressive Craniectomy in the Management of Traumatic Brain Injury: Consensus statement [J]. *Acta Neurochir (Wien)*, 2019,161(7):1261-1274.
- [4] ROOZENBEEK B, MAAS A I, MENON D K. Changing patterns in the epidemiology of traumatic brain injury [J]. *Nat Rev Neurol*, 2013,9(4):231-236.
- [5] KOLIAS A G, KIRKPATRICK P J, HUTCHINSON P J. Decompressive craniectomy: past, present and future [J]. *Nat Rev Neurol*, 2013,9(7):405-415.
- [6] BADRI S, CHEN J, BARBER J, *et al.* Mortality and long-term functional outcome associated with intracranial pressure after traumatic brain injury [J]. *Intensive Care Med*, 2012,38(11):1800-1809.
- [7] BOR-SENG-SHU E, FIGUEIREDO E G, AMORIM R L, *et al.* Decompressive craniectomy: a meta-analysis of influences on intracranial pressure and cerebral perfusion pressure in the treatment of traumatic brain injury [J]. *J Neurosurg*, 2012,117(3):589-596.
- [8] LIU H, WANG W, CHENG F, *et al.* External Ventricular Drains versus Intraparenchymal Intracranial Pressure Monitors in Traumatic Brain Injury: A Prospective Observational Study [J]. *World Neurosurg*, 2015,83(5):794-800.
- [9] BALESTRERI M, CZOSNYKA M, HUTCHINSON P, *et al.* Impact of intracranial pressure and cerebral perfusion pressure on severe disability and mortality after head injury [J]. *Neurocrit Care*, 2006,4(1):8-13.
- [10] CHAMBERS I R, TREADWELL L, MENDELOW A D. Determination of threshold levels of cerebral perfusion pressure and intracranial pressure in severe head injury by using receiver-operating characteristic curves: an observational study in 291 patients [J]. *J Neurosurg*, 2001,94(3):412-416.
- [11] 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 [J]. *J Neurosurg*, 2011,114(5):1471-1478.
- [12] KHELLAF A, KHAN D Z, HELMY A. Recent advances in traumatic brain injury [J]. *J Neurol*, 2019,266(11):2878-2889.
- [13] KSHETTRY V R, MINDEA S A, BATJER H H. The management of cranial injuries in antiquity and beyond [J]. *Neurosurg Focus*, 2007,23(1):8.
- [14] DI IEVA A, GAETANI P, MATULA C, *et al.* Berengario da Carpi: a pioneer in neurotraumatology [J]. *J Neurosurg*, 2011,114(5):1461-1470.

- [15] ROSSINI Z, NICOLOSI F, KOLIAS A G, *et al.* The History of Decompressive Craniectomy in Traumatic Brain Injury[J]. *Front Neurol*, 2019,10:458.
- [16] RAGEL B T, KLIMO P J R, MARTIN J E, *et al.* Wartime decompressive craniectomy: technique and lessons learned[J]. *Neurosurg Focus*, 2010,28(5):E2.
- [17] ORTUNO ANDERIZ F, RASCON RAMIREZ F J, FUENTES FERRER M E, *et al.* Decompressive craniectomy in traumatic brain injury: The intensivist's point of view[J]. *Neurocirugia (Astur;Engl Ed)*, 2021,32(6):278-284.
- [18] COOPER D J, ROSENFELD J V, MURRAY L, *et al.* Patient Outcomes at Twelve Months after Early Decompressive Craniectomy for Diffuse Traumatic Brain Injury in the Randomized DECRA Clinical Trial[J]. *J Neurotrauma*, 2020,37(5):810-816.
- [19] HAKIKI B, LIUZZI P, PANSINI G, *et al.* Impact of decompressive craniectomy on functional outcome of severe acquired brain injuries patients, at discharge from intensive inpatient rehabilitation[J]. *Disabil Rehabil*, 2021,20:1-7.
- [20] RANKOTHKUMBURA J, GUNATHILAKA H, WADANAMBAY S. Decompressive Craniectomy for Traumatic Brain Injury: Outcomes and their Determinants[J]. *Ceylon Med J*, 2021,66(1):32-37.
- [21] GIESE H, ANTRITTER J, UNTERBERG A, *et al.* Long-Term Results of Neurological Outcome, Quality of Life, and Cosmetic Outcome After Cranioplastic Surgery: A Single Center Study of 202 Patients[J]. *Front Neurol*, 2021,12:702339.
- [22] CORALLO F, LO BUONO V, CALABRO R S, *et al.* Can Cranioplasty Be Considered a Tool to Improve Cognitive Recovery Following Traumatic Brain Injury A 5-Years Retrospective Study[J]. *J Clin Med*, 2021,10(22):5437.
- [23] OZONER B. Cranioplasty Following Severe Traumatic Brain Injury: Role in Neurorecovery[J]. *Curr Neurol Neurosci Rep*, 2021,21(11):62.
- [24] MAZZINI L, CAMPINI R, ANGELINO E, *et al.* Posttraumatic hydrocephalus: a clinical, neuroradiologic, and neuropsychologic assessment of long-term outcome[J]. *Arch Phys Med Rehabil*, 2003,84(11):1637-1641.
- [25] RUFUS P, MOORTHY R K, JOSEPH M, *et al.* Post Traumatic Hydrocephalus: Incidence, Pathophysiology and Outcomes [J]. *Neurol India*, 2021,69(Supplement):420-428.
- [26] SVEDUNG WETTERVIK T, LEWEN A, ENBLAD P. Post-traumatic hydrocephalus- incidence, risk factors, treatment, and clinical outcome[J]. *Br J Neurosurg*, 2021,20:1-7.
- [27] KURLAND D B, KHALADJ-GHOM A, STOKUM J A, *et al.* Complications Associated with Decompressive Craniectomy: A Systematic Review[J]. *Neurocrit Care*, 2015,23(2):292-304.
- [28] Behranwala R, Aojula N, Hagana A, *et al.* An economic evaluation for the use of decompressive craniectomy in the treatment of refractory traumatic intracranial hypertension[J]. *Brain Inj*, 2021,35(4):444-452.
- [29] GAO G, WU X, FENG J, *et al.* Clinical characteristics and outcomes in patients with traumatic brain injury in China: a prospective, multicentre, longitudinal, observational study[J]. *Lancet Neurol*, 2020,19(8):670-677.
- [30] TRIVEDI D J, BASS G A, FORSSTEN M P, *et al.* The significance of direct transportation to a trauma center on survival for severe traumatic brain injury [J]. *Eur J Trauma Emerg Surg*, 2022,28. doi:10.1007/s00068-022-01885-3.
- [31] WEI S. Clinical Value of Bilateral Balanced Frontotemporoparietal Decompressive Craniectomy in Severe Diffuse Traumatic Brain Injury[J]. *J Craniofac Surg*, 2022,33(1):279-283.
- [32] CARNEY N, TOTTEN A M, O'REILLY C, *et al.* Guidelines for the Management of Severe Traumatic Brain Injury, Fourth Edition[J]. *Neurosurgery*, 2017,80(1):6-15.
- [33] 中华神经外科学会神经创伤专业组. 颅脑创伤去骨瓣减压术中国专家共识[J]. *中华神经创伤外科电子杂志*, 2015(2):6-8.
- [34] 游潮, 杨朝华. 去大骨瓣减压术在重型颅脑损伤治疗中的价值[J]. *西部医学*, 2013,25(6):801-802.
- [35] LAN Z, RICHARD S A, LI Q, *et al.* Outcomes of patients undergoing craniotomy and decompressive craniectomy for severe traumatic brain injury with brain herniation: A retrospective study[J]. *Medicine (Baltimore)*, 2020,99(43):e22742.
- [36] YANG C, ZHANG J R, ZHU G, *et al.* Effects of Primary Decompressive Craniectomy on the Outcomes of Serious Traumatic Brain Injury with Mass Lesions, and Independent Predictors of Operation Decision[J]. *World Neurosurg*, 2021,148:396-405.
- [37] 李强, 杨朝华, 刘仑鑫, 等. 重型颅脑创伤去骨瓣减压患者的临床特点和预后影响因素分析[J]. *中华神经外科杂志*, 2020,36(10):1012-1016.
- [38] KOLIAS A G, BELLI A, LI L M, *et al.* Primary decompressive craniectomy for acute subdural haematomas: results of an international survey [J]. *Acta Neurochir (Wien)*, 2012,154(9):1563-1565.
- [39] COOPER D J, ROSENFELD J V, MURRAY L, *et al.* Decompressive craniectomy in diffuse traumatic brain injury[J]. *N Engl J Med*, 2011,364(16):1493-1502.
- [40] HUTCHINSON P J, KOLIAS A G, TIMOFEEV I S, *et al.* Trial of Decompressive Craniectomy for Traumatic Intracranial Hypertension[J]. *N Engl J Med*, 2016,375(12):1119-1130.
- [41] HAWRYLUK G W J, RUBIANO A M, TOTTEN A M, *et al.* Guidelines for the Management of Severe Traumatic Brain Injury: 2020 Update of the Decompressive Craniectomy Recommendations[J]. *Neurosurgery*, 2020,87(3):427-434.
- [42] SEDNEY C L, JULIEN T, MANON J, *et al.* The effect of craniectomy size on mortality, outcome, and complications after decompressive craniectomy at a rural trauma center[J]. *J Neurosci Rural Pract*, 2014,5(3):212-217.
- [43] JIANG J Y, XU W, LI W P, *et al.* Efficacy of standard trauma craniectomy for refractory intracranial hypertension with severe traumatic brain injury: a multicenter, prospective, randomized controlled study[J]. *J Neurotrauma*, 2005,22(6):623-628.
- [44] QIU W, GUO C, SHEN H, *et al.* Effects of unilateral decompressive craniectomy on patients with unilateral acute post-traumatic brain swelling after severe traumatic brain injury[J]. *Crit Care*, 2009,13(6):R185.

- [45] QUINN T M, TAYLOR J J, MAGARIK J A, *et al.* Decompressive craniectomy; technical note[J]. *Acta Neurol Scand*, 2011,123(4):239-244.
- [46] STIVER S I. Complications of decompressive craniectomy for traumatic brain injury[J]. *Neurosurg Focus*, 2009,26(6):7.
- [47] SUGHRUE M E, BLOCH O G, MANLEY G T, *et al.* Marked reduction in wound complication rates following decompressive hemicraniectomy with an improved operative closure technique[J]. *J Clin Neurosci*, 2011,18(9):1201-1205.
- [48] ABECASSIS I J, YOUNG C C, CALDWELL D J, *et al.* The Kempe incision for decompressive craniectomy, craniotomy, and cranioplasty in traumatic brain injury and stroke[J]. *J Neurosurg*, 2021:1-10.
- [49] DOWLATI E, MORTAZAVI A, KEATING G, *et al.* The Retroauricular Incision as an Effective and Safe Alternative Incision for Decompressive Hemicraniectomy[J]. *Oper Neurosurg (Hagerstown)*, 2021,20(6):549-558.
- [50] SOTO J M, FENG D, SUN H, *et al.* Novel Decompressive Hemicraniectomy Technique for Traumatic Brain Injury; Technical Note[J]. *World Neurosurg*, 2021,146:15-19.
- [51] VELDEMAN M, GEIGER M, CLUSMANN H. How I do it—the posterior question mark incision for decompressive hemicraniectomy[J]. *Acta Neurochir (Wien)*, 2021,163(5):1447-1450.
- [52] VELDEMAN M, DALEIDEN L, HAMOU H, *et al.* An altered posterior question-mark incision is associated with a reduced infection rate of cranioplasty after decompressive hemicraniectomy[J]. *J Neurosurg*, 2020,134(3):1262-1270.
- [53] JOHNSON R D, MAARTENS N F, TEDDY P J. Technical aspects of decompressive craniectomy for malignant middle cerebral artery infarction[J]. *J Clin Neurosci*, 2011,18(8):1023-1027.
- [54] YANG H S, HYUN D, OH C H, *et al.* A Faster and Wider Skin Incision Technique for Decompressive Craniectomy; n-Shaped Incision for Decompressive Craniectomy[J]. *Korean J Neurotrauma*, 2016,12(2):72-76.
- [55] MISSORI P, PAOLINI S, CIAPPETTA P, *et al.* Preservation of the temporal muscle during the frontotemporoparietal approach for decompressive craniectomy; technical note[J]. *Acta Neurochir (Wien)*, 2013,155(7):1335-1339.

(收稿日期:2022-01-10;修回日期:2022-03-17;编辑:王小菊)

(上接第 931 页)

- [39] SHUJI O, YUJI I, TOMONARI M, *et al.* A cone-beam computed tomographic assessment of the proximity of the maxillary canine and posterior teeth to the maxillary sinus floor; Lessons from 4778 roots[J]. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics; official publication of the American Association of Orthodontists, its constituent societies, and the American Board of Orthodontics*, 2020,157(6):792-802.
- [40] SULE NUR KURT, YAKUPÜSTÜN, ÖZGÜR ERDOGAN. Outcomes of Periradicular Surgery of Maxillary First Molars Using a Vestibular Approach; A Prospective, Clinical Study With One Year of Follow-Up[J]. *J Oral Maxillofac Surg*, 2014,72(6):1049-1061.
- [41] ARX T V, KCH S, SUTER V G A, *et al.* Perforation of the maxillary sinus floor during apical surgery of maxillary molars: A retrospective analysis using cone beam computed tomography[J]. *Australian Endodontic Journal*, 2020,46(2):176-183.
- [42] KUMAR MUKESH, GOYAL MANISH, MISHRA SHALINI, *et al.* Tooth movement through the maxillary sinus[J]. *Am J of Orthod Dentofacial Orthop*, 2020,158(2):161-162.

(收稿日期:2021-09-23;修回日期:2021-12-09;编辑:王小菊)