

颅内压监测下阶梯式减压治疗 重型颅脑损伤的 Meta 分析

徐杰¹ 苏忠周¹ 邱晟¹ 聂小虎¹ 陆斌¹ 沈亮²

¹湖州市中心医院, 湖州师范学院附属中心医院, 神经外科, 浙江湖州 313000; ²南京医科大学附属常州市第二人民医院, 江苏常州 213000

通信作者: 沈亮, Email: soochowneuro@163.com

【摘要】目的 评价颅内压监测下阶梯式减压对重型颅脑损伤患者急性脑膨出、迟发脑水肿、术后脑梗死等严重并发症发生率和预后的影响。**方法** 以脑外伤、颅脑损伤、阶梯式减压为中文检索词,以 Traumatic brain injury、Brain injury、Head injury、Cerebral trauma、Stepwise decompression 为英文检索词,检索美国国立医学图书馆 Pubmed、荷兰医学文摘 (Embase)、中国知网 (CNKI)、万方数据库和中国生物医学数据库中有关颅内压监测下阶梯式减压治疗对重型颅脑损伤患者急性脑膨出、迟发脑水肿、术后脑梗死发生率及预后影响的随机对照临床试验 (RCT),检索时间均为建库至 2016 年 11 月。对照组采用常规减压;试验组采用颅内压监测下阶梯式减压;主要结局指标为急性脑膨出、迟发脑水肿、术后脑梗死发生率及预后。由 2 名研究者独立筛选文献,并对纳入研究进行资料提取和质量评价,对符合标准的 RCT 研究进行 Meta 分析。采用 Begg 和 Egger 检验和漏斗图分析结局指标的发表偏倚。**结果** 本次 Meta 分析共纳入 17 项 RCT 研究,其中英文文献 2 篇,中文文献 15 篇;共纳入 1 905 例患者,试验组 1 026 例,对照组 879 例。Meta 分析显示:颅内压监测下阶梯式减压试验组急性脑膨出 [相对危险度 (RR) = 0.36, 95% 可信区间 (95% CI) = 0.27 ~ 0.47]、迟发脑水肿 (RR = 0.47, 95% CI = 0.37 ~ 0.60)、术后脑梗死 (RR = 0.41, 95% CI = 0.30 ~ 0.56) 的发生率均较常规减压对照组明显降低;格拉斯哥预后评分 (GOS) 较常规减压对照组明显升高 (RR = 1.70, 95% CI = 1.49 ~ 1.94)。Begg 检验和 Egger 检验和漏斗图提示并发症指标中迟发水肿数据可能存在发表偏倚,余指标数据均未见明显的发表偏倚。**结论** 颅内压监测下阶梯式减压可降低重型颅脑损伤患者严重并发症发生率,改善患者长期预后。

【关键词】 阶梯式减压治疗; 重型颅脑损伤; 脑疝; 水肿; 脑梗死; Meta 分析

基金项目: 浙江省湖州市公益性应用研究项目 (2016GYB38)

DOI: 10.3969/j.issn.1008-9691.2020.04.012

Stepwise decompression for treatment of patients with severe craniocerebral injury under intracranial pressure monitoring: a meta-analysis

Xu Jie¹, Su Zhongzhou¹, Qiu Sheng¹, Nie Xiaohu¹, Lu Bin¹, Shen Liang²
¹Department of Neurosurgery, Huzhou Cent Hospital, Affiliated Cent Hospital Huzhou University, Huzhou 313000, Zhejiang, China; ²The Affiliated Changzhou No.2 Hospital of Nanjing Medical University, Changzhou 213000, Jiangsu, China

Corresponding author: Shen Liang, Email: soochowneuro@163.com

【Abstract】 Objective To evaluate the effect of stepwise decompression under intracranial pressure (ICP) monitoring for treatment of patients with severe craniocerebral injury and observe the influence on the incidences of severe complications including acute craniocoele, delayed brain hematoma, and postoperative cerebral infarction and prognosis. **Methods** The search terms in Chinese of "brain injury", "craniocerebral injury", "stepwise decompression" were used, and "traumatic brain injury (TBI)", "brain injury", "head injury", "cerebral trauma", "stepwise decompression" in English were chosen to look for above related term literatures in American National Medical Library (Pubmed), Holand Medical Digest (Embase), China National Knowledge Infrastructure (CNKI), Wanfang database and Chinese Biomedical Database since the establishment of the respective database up to November 2016. Randomized controlled clinical trials (RCT) using ICP monitoring and stepwise decompression for treatment of patients with severe craniocerebral injury were selected to be in the experimental group, while in the control group, conventional decompression was used. Moreover, the main outcome indexes should include acute craniocoele, delayed brain hematoma, postoperative cerebral infarction and prognosis. Two researchers independently screened the literatures, extracted data and evaluated the quality of the articles to carry out meta-analysis of RCTs that met the quality of the study. Begg and Egger tests and funnel plot were used to analyze the publication bias of the outcome indicators. **Results** A total of 17 RCT studies were included in this meta-analysis, including 2 English and 15 Chinese literatures; there were 1 026 patients in the experimental group and 879 patients in the control group, totally accounting for 1 905 patients. Meta analysis showed that in ICP monitoring with stepwise decompression experimental group, the incidences of complications such as acute craniocoele [relative risk (RR) = 0.36, 95% confidence interval (95% CI) = 0.27-0.47], delayed brain hematoma (RR = 0.47, 95% CI = 0.37-0.60), postoperative cerebral infarction (RR = 0.41, 95% CI = 0.30-0.56) were significantly lower than those in the conventional decompression control group; the Glasgow prognosis score (GOS) was obviously higher than that in the conventional decompression control group (RR = 1.70, 95% CI = 1.49-1.94). Begg and Egger tests and funnel plot suggested that there might be a publication bias in the data of delayed brain hematoma, however, there was no marked

publication bias in the rest complications. **Conclusion** Stepwise decompression under ICP monitoring can reduce the incidences of serious complications in patients with severe craniocerebral injury and improve their long-term prognosis.

【Key words】 Stepwise decompression therapy; Severe craniocerebral injury; Cerebral hernia; Hematoma; Cerebral infarction; Meta analysis

Fund program: Public Welfare Applied Research Projects of Huzhou in Zhejiang Province (2016GYB38)

DOI: 10.3969/j.issn.1008-9691.2020.04.012

重型颅脑损伤的原发和继发性共损伤是患者发生脑水肿、致残和死亡的主要原因^[1],有效限制继发性颅脑损伤是挽救患者生命、减轻残疾程度的重要措施。近年来,控制损伤理论已在重型颅脑损伤患者中被广泛应用并取得了满意的疗效^[2]。相关 Meta 分析显示,阶梯式减压能减少重型颅脑损伤患者急性脑膨出、迟发脑水肿、脑梗死等严重并发症的发生^[3]。然而,Wang 等^[4]和陈亚军等^[5]研究认为,颅内压监测下量化阶梯式减压并未降低颅内迟发血肿或术后脑梗死的发生率。因此,阶梯式减压和颅内压监测下阶梯式减压对颅脑损伤患者并发症发生方面的影响目前认识尚未达成一致意见。颅内压监测下的阶梯式减压是否能降低颅脑损伤患者并发症发生率和改善预后,争议的存在是因为颅内压探头植入术本身带来的副损伤仍局限于单中心小样本量的研究。所以,本次 Meta 分析观察颅内压监测下阶梯式减压在治疗重型颅脑损伤患者中的作用,为后续重型颅脑损伤的治疗提供理论依据。

1 资料与方法

1.1 资料来源与文献检索:以脑外伤、颅脑损伤、阶梯式减压为中文检索词,以 Traumatic brain injury、Brain injury、Head injury、Cerebral trauma、Stepwise decompression 等为英文检索词,检索美国国立医学图书馆(Pubmed)、荷兰医学文摘(Embase)、中国知网(CNKI)、万方数据库和中国生物医学数据库中有关颅内压监测下阶梯式减压治疗对重型颅脑损伤患者急性脑膨出、迟发脑水肿、术后脑梗死发生率影响的随机对照临床试验(RCT),检索时间均为建库至 2016 年 11 月。

1.2 纳入标准:根据 PICOS 原则,即研究对象(participants)、干预措施(intervention)、对照(control)、结局(outcome)、研究设计(study design),拟定如下入选标准:①脑外伤患者[格拉斯哥昏迷评分(GCS)≤8分];②以颅内压监测下阶梯式减压为试验组干预措施;③以常规快速减压方式作为对照组干预措施;④以术中急性脑膨出、迟发脑水肿、术后脑梗死及术后 6 个月格拉斯哥预后评分(GOS)作为结局指标^[4],直接或间接方式能得到原始数据的文献;⑤研究类型为 RCT,对于同一数据重复发表文献选取时

间最近的或样本量最大的研究。

1.3 排除标准:①信息不足且无法获得原始数据;②重复发表的研究或数据,且已有更大样本量的研究被纳入;③无法获取全文。

1.4 数据提取:由 2 名研究者对已去重的文献进行独立筛选,并提取纳入文献的作者姓名、发表时间,试验组和对照组急性脑膨出、迟发脑水肿、术后脑梗死、预后良好事件发生数和总例数、GOS,以及纳入研究的随访时间等。对于有争议的数据由 2 名研究者商议决定,或请求第三方介入仲裁。

1.5 文献质量评估:依据 Cochrane 协作网风险偏倚评估工具,对纳入文献进行独立质量评估。Cochrane 风险偏倚评估工具主要从选择偏倚、实施偏倚、测量偏倚、随访偏倚、报告偏倚、其他偏倚 6 个域进行评估,对每条指标采用“低度偏倚风险”、“偏倚风险不确定”、“高度偏倚风险”进行判定。

1.6 发表偏倚:采用 Egger 检验、Begg 检验和漏斗图进一步分析纳入文献是否存在发表偏倚, $P < 0.05$ 表示存在发表偏倚可能。

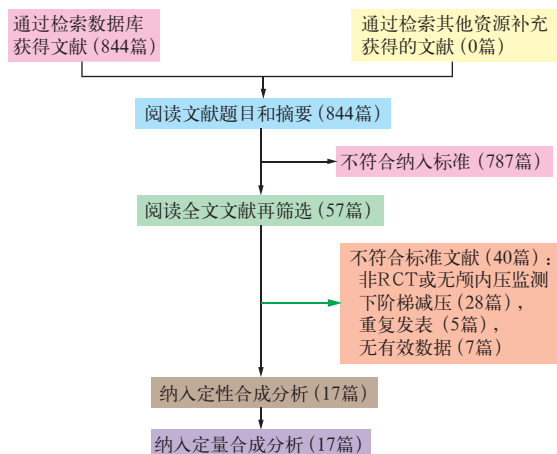
1.7 统计学分析:使用 Stata 12.0 统计软件对已提取的数据进行分析,对研究的二分类数据资料采用相对危险度(RR)、95%可信区间(95%CI)表示统计量。用 I^2 检验来评价纳入文献的异质性,当 $P < 0.1$ 、 $I^2 > 50%$ 认为研究结果存在明显的异质性。研究结果不存在明显异质性时采用固定效应模型,否则采用随机效应模型进行 Meta 分析。当研究结果存在明显的异质性时需进行亚组分析、敏感性分析、Meta 回归等方法探索异质性来源。

2 结果

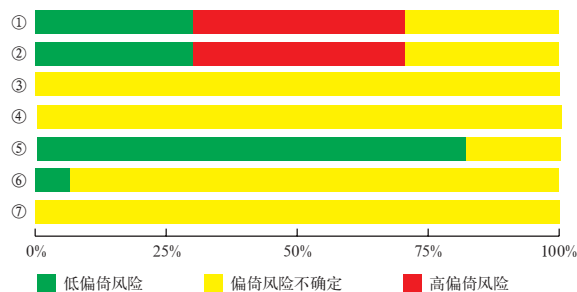
2.1 检索结果和文献质量:依据拟定的检索策略,共筛选到去重后的文献共 844 篇,阅读文献标题和摘要后排除 787 篇,全文阅读 57 篇,纳入 RCT 文献 17 篇^[4-20](图 1)。最终纳入颅内压监测下阶梯式减压的试验组重型颅脑损伤患者 1 026 例;常规减压下的对照组患者 879 例。

2.2 文献质量评估(图 2):文献质量评估结果显示,选择偏倚中有 4 篇为偏倚低风险,6 篇为偏倚高风险,7 篇为未知风险;随访偏倚中仅 1 篇为未知风险,其余均为低风险;报告偏倚中有 1 篇研究存在高风

险,其余均为未知风险;实施偏倚、测量偏倚及其他偏倚均为未知风险。



注:RCT为随机对照临床试验
图1 颅内压监测下阶梯式减压治疗重型颅脑损伤患者Meta分析文献筛选流程图

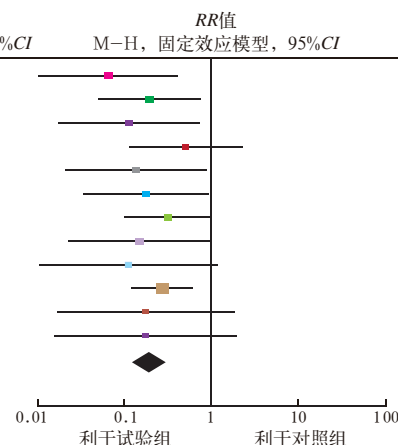


注:①随机序列产生(选择偏倚);②分配隐藏(选择偏倚);③对研究者或受试者施盲(实施偏倚);④研究结果盲法评价(测量偏倚);⑤结果数据的完整性(随访偏倚);⑥选择性报告研究结果(报告偏倚);⑦其他偏倚来源(其他偏倚)

图2 颅内压监测下阶梯式减压治疗重型颅脑损伤Meta分析纳入文献风险偏倚评估结果

2.3 颅内压监测下阶梯式减压对重型颅脑损伤患者术中急性脑膨出、迟发脑水肿、术后脑梗死发生率的影响(图3~5):共12篇文献^[4-5, 7-10, 14-18, 20]分析颅内压监测下阶梯式减压对重型颅脑损伤

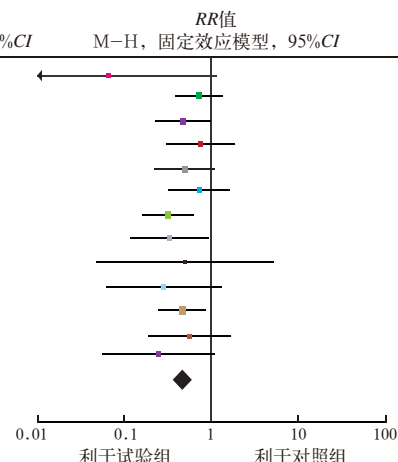
研究或亚组	试验组		对照组		权重 (%)	RR值	
	事件	总数	事件	总数		M-H, 固定效应模型, 95%CI	RR值
Sun等 ^[20]	3	68	17	68	10.8	0.18 [0.05, 0.57]	
Wang等 ^[4]	6	64	17	64	10.0	0.35 [0.05, 0.84]	
向世清 ^[16]	3	45	12	45	7.6	0.25 [0.08, 0.83]	
张琦玮 ^[17]	6	40	8	35	5.4	0.66 [0.25, 1.71]	
张鲲鹏等 ^[7]	3	40	11	40	7.0	0.27 [0.08, 0.90]	
彭涌 ^[9]	4	48	12	48	7.6	0.33 [0.12, 0.96]	
潘文勇等 ^[14]	17	180	9	46	9.1	0.48 [0.23, 1.01]	
甘存良等 ^[15]	3	40	10	40	6.4	0.30 [0.09, 1.01]	
谷晓辉等 ^[10]	2	56	8	56	5.1	0.25 [0.06, 1.13]	
陈亚军等 ^[5]	16	96	34	90	22.4	0.44 [0.26, 0.74]	
陈育光 ^[8]	2	24	6	24	3.8	0.33 [0.07, 1.49]	
靳旭亮 ^[18]	2	40	6	40	3.8	0.33 [0.07, 1.55]	
总计 (95%CI)		741		596	100.0	0.36 [0.27, 0.47]	
总事件	67		150				
异质性检验: $Chi^2=5.06, df=11 (P=0.93); I^2=0\%$							
总体效益检验: $Z=7.26 (P<0.000 01)$							



注:RR为相对危险度,95%CI为95%可信区间

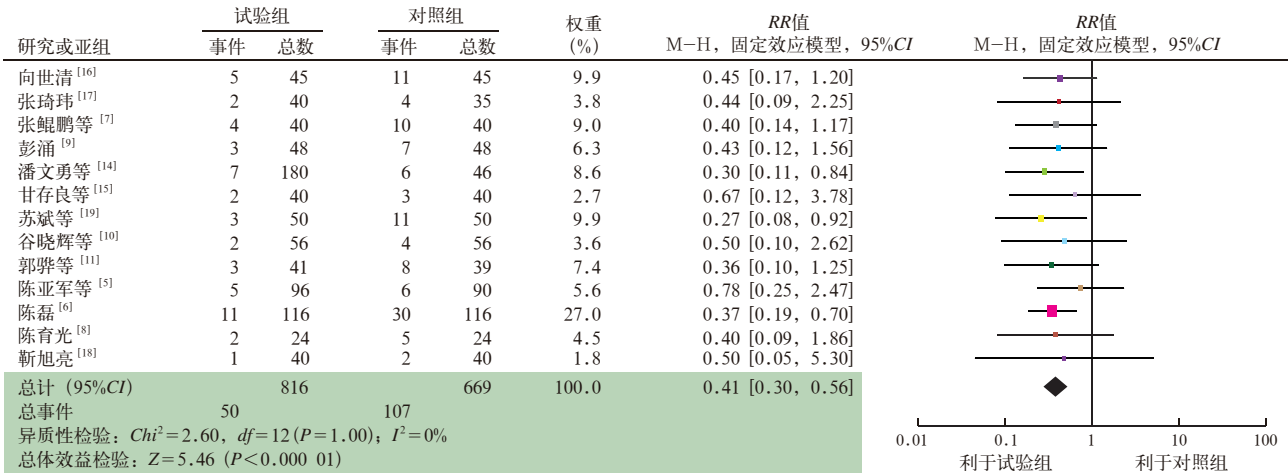
图3 颅内压监测下阶梯式减压对重型颅脑损伤患者术中急性脑膨出发生率影响的Meta分析

研究或亚组	试验组		对照组		权重 (%)	RR值	
	事件	总数	事件	总数		M-H, 固定效应模型, 95%CI	RR值
Sun等 ^[20]	0	68	7	68	4.8	0.07 [0.00, 1.14]	
Wang等 ^[4]	13	64	18	64	11.5	0.72 [0.39, 1.35]	
向世清 ^[16]	8	45	17	45	10.9	0.47 [0.23, 0.98]	
张琦玮 ^[17]	7	40	8	35	5.5	0.77 [0.31, 1.90]	
张鲲鹏等 ^[7]	7	40	14	40	9.0	0.50 [0.23, 1.11]	
彭涌 ^[9]	8	48	11	48	7.1	0.73 [0.32, 1.65]	
潘文勇等 ^[14]	15	180	12	46	12.3	0.32 [0.16, 0.63]	
甘存良等 ^[15]	4	40	12	40	7.7	0.33 [0.12, 0.95]	
胡晓敏等 ^[13]	1	30	2	30	1.3	0.50 [0.05, 5.22]	
谷晓辉等 ^[10]	2	56	7	56	4.5	0.29 [0.06, 1.32]	
陈亚军等 ^[5]	12	96	24	90	15.9	0.47 [0.25, 0.88]	
陈育光 ^[8]	4	24	7	24	4.5	0.57 [0.19, 1.70]	
靳旭亮 ^[18]	2	40	8	40	5.1	0.25 [0.06, 1.11]	
总计 (95%CI)		771		626	100.0	0.47 [0.37, 0.60]	
总事件	83		147				
异质性检验: $Chi^2=8.69, df=12 (P=0.73); I^2=0\%$							
总体效益检验: $Z=5.97 (P<0.000 01)$							



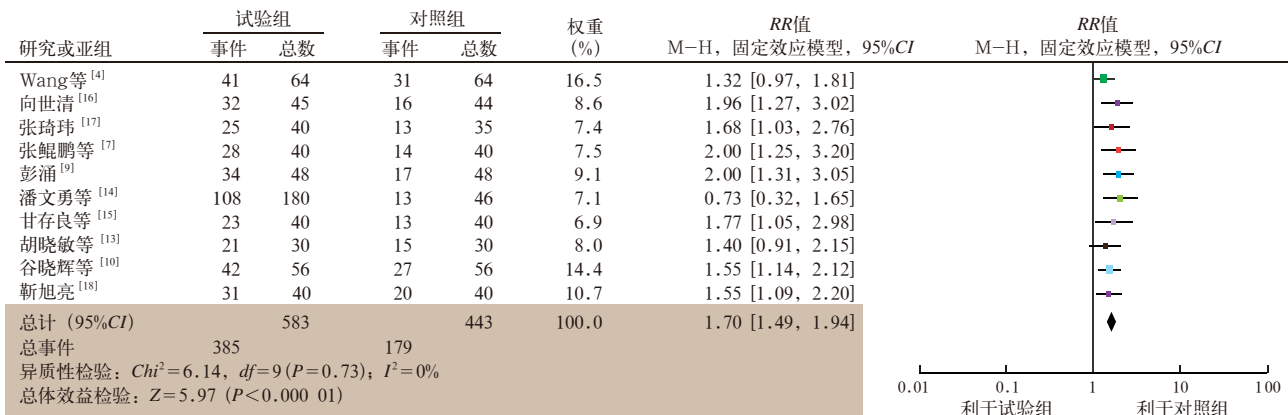
注:RR为相对危险度,95%CI为95%可信区间

图4 颅内压监测下阶梯式减压对重型颅脑损伤患者迟发脑水肿发生率影响的Meta分析



注: RR 为相对危险度, 95%CI 为 95% 可信区间

图 5 颅内压监测下阶梯式减压对重型颅脑损伤患者术后脑梗死发生率影响的 Meta 分析



注: RR 为相对危险度, 95%CI 为 95% 可信区间

图 6 颅内压监测下阶梯式减压对重型颅脑损伤患者预后影响的 Meta 分析

患者术中急性脑膨出发生率的影响,共 13 篇文献^[4-5, 7-10, 13-18, 20]纳入分析颅内压监测下阶梯式减压对重型颅脑损伤患者迟发脑血肿发生率的影响,结果表明,试验组急性脑膨出发生率($RR=0.36, 95\%CI=0.27 \sim 0.47, P<0.000 01$)和迟发脑血肿发生率($RR=0.47, 95\%CI=0.37 \sim 0.62, P<0.000 01$)均较对照组明显降低。共 13 篇文献^[5-11, 14-19]报道了颅内压监测下阶梯式减压对重型颅脑损伤患者术后脑梗死发生率的影响,结果表明,颅内压监测下阶梯式减压使重型颅脑损伤患者术后脑梗死发生率降低了约 59%($RR=0.41, 95\%CI=0.30 \sim 0.56, P<0.000 01$)。

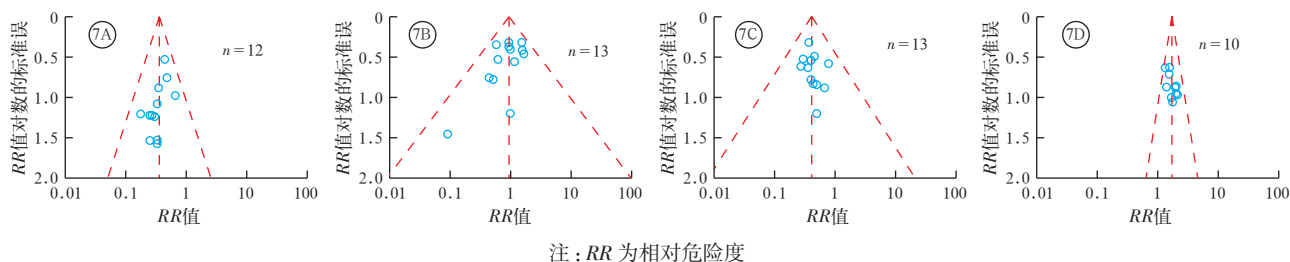
2.4 颅内压监测下阶梯式减压对重型颅脑损伤患者预后的影响(图 6):根据 GOS 评分量表,将术后 6 个月 GOS 4~5 分定义为预后良好,1~3 分定义为预后不良。共有 10 篇文献^[4, 7, 9-10, 13-18]报告了患

者术后 6 个月 GOS 评分,结果显示,颅内压监测下阶梯式减压试验组 GOS 明显高于常规减压对照组($RR=1.70, 95\%CI=1.49 \sim 1.94, P<0.000 01$),说明阶梯式减压明显改善了患者预后。

2.5 异质性和发表偏倚(表 1;图 7):急性脑膨出、迟发脑血肿、术后脑梗死、预后良好 4 项研究结局指标均提示无明显异质性($I^2=0\%, P>0.1$),故均采用固定效应模型分析。Begg 和 Egger 检验及漏斗图均提示并发症指标迟发脑血肿发生率可能存在发表偏倚,其余数据均未见明显发表偏倚。

表 1 各评估指标的 Begg 检验和 Egger 检验

评估指标	P 值	
	Begg 检验	Egger 检验
急性脑膨出	0.193	0.059
迟发脑血肿	0.127	0.034
术后脑梗死	0.077	0.271
预后良好	0.152	0.028



注: RR 为相对危险度
图7 颅内压监测下阶梯式减压对重型颅脑损伤患者术中急性脑膨出(A)、迟发脑水肿(B)、术后脑梗死(C)、预后(D)影响 Meta 分析纳入文献发表偏倚的漏斗图

3 讨论

颅脑外伤是常见的导致重度残疾、死亡的原因之一。中国脑外伤数据库结果分析显示,国内重型颅脑损伤的病死率为 21.8%,预后不良率达 49.9%;患者病死率与颅内压力高低密切相关,颅内压力越高病死率越高,当颅内压 >40 mmHg (1 mmHg ≈ 0.133 kPa) 时病死率为 93.1%^[21],远高于国际研究报告的病死率。颅内压监测下阶梯式减压可使减压过程中压力平稳下降,从而降低了患者病死率。本研究通过检索国内外数据库,采用 Meta 分析方法探讨颅内压监测下阶梯式减压与重型颅脑外伤患者术中、术后并发症及长期预后的影响,结果表明,颅内压监测下阶梯式减压明显降低了重型颅脑外伤患者术中急性脑膨出、迟发脑水肿和术后脑梗死发生率,并明显改善了患者预后。

颅内压监测下阶梯式减压是将颅内压探头植入脑室、脑实质或硬膜下,在实时监测颅内压的情况下缓慢清除血肿或挫伤脑组织,使颅内压下降速度平稳。有研究显示,颅内压下降速度宜维持在 10~15 mmHg/10 min,尽可能使颅内压降低到 20 mmHg 以下再完全打开硬脑膜^[4]。硬脑膜网状切开减压等方法由于术者不同,术中减压速度异质性大,因而手术效果也不同;而颅内压监测下阶梯式减压量化了术中减压速度,提供了规范化的减压标准,更有利于手术方式的疗效评估。颅内压平稳下降避免了颅内压力的骤然变化,启动了脑干血管运动中枢根据血管外压力自身调节控制颅内血容量,从而避免了脑组织缺血/再灌注(I/R)损伤和脑血管的过度扩张,减少了术中急性脑膨出的发生^[22]。颅内压力的平稳下降有效避免了因压力填塞效应突然减弱或消失使已受损血管出血形成急性硬膜下血肿、颅内血肿,或骨折处的板障再出血致硬脑膜剥离后形成硬膜外血肿,或颅内血管过度扩张后脑肿胀。传统的快速减压方法会使脑组织快速移位,但由于大脑镰、颅底凹凸不平的骨性结构特点使脑组

织快速移位过程中不均一。脑血管在移位过程中有牵拉、剪切、扭转、变形,脑血管受刺激后血管痉挛,增加了术后脑梗死的发生,导致了颅内压的继发性升高^[6]。从分子、基因水平分析,阶梯式减压能抑制炎症介质释放和凋亡基因的表达,减轻脑组织的损伤,降低脑梗死发生的风险^[22]。因此,颅内压监测下的阶梯式减压能有效降低术中急性脑膨出、迟发脑水肿、术后脑梗死等严重并发症的发生率。此外,颅内压监测下阶梯式减压发生上述 3 种重要并发症的风险可能比前期报告的阶梯式减压方法更低^[3],但由于研究时间段不同可比性较差。颅内压监测下阶梯式减压和无颅内压监测下阶梯式减压比较的 RCT 或网状 Meta 分析是否更能说明颅内压辅助减压有较高价值。

重型颅脑外伤患者的预后尤其是长期预后是评价疗效的重要指标。本次 Meta 分析表明,颅内压监测下阶梯式减压改善了患者预后,试验组患者术后 GOS 明显高于常规减压对照组,这与当前大多数研究^[12, 17-19, 23]的观点一致。而目前的研究在预后指标评估方面存在较大的异质性,术后管理水平是异质性的主要来源之一,术后管理包括围手术期颅内压的阶梯式控制、伤后高应激状态下选择降低血糖峰值、减少感染性并发症的瑞代鼻饲营养,以及术后早晚期的规范化康复等。

随着损伤控制理论的提出,利用颅内压监护仪动态监测颅内压指导减压过程的方法正被广泛的使用。本次 Meta 分析表明,颅内压监测下阶梯式减压降低了严重并发症的发生率,改善了患者长期预后。但该结论存在一定的局限性:① 低质量的 RCT 数据;② 小样本量的研究数据;③ 纳入文献均未对急性脑膨出、迟发脑水肿、术后脑梗死给出明确的定义,各项研究间可能存在不同的诊断标准。因此,高质量文献的发表和纳入将会更好地评价颅内压监测下阶梯式减压在重型颅脑损伤患者中的应用价值。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

- [1] Farahvar A, Gerber LM, Chiu YL, 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. DOI: 10.3171/2010.11.JNS101116.
- [2] Jiang YZ, Lan Q, Wang QH, et al. Gradual and controlled decompression for brain swelling due to severe head injury [J]. *Cell Biochem Biophys*, 2014, 69 (3): 461-466. DOI: 10.1007/s12013-014-9818-6.
- [3] 沈亮, 苏忠周, 周跃. 控制减压治疗重型颅脑损伤的 Meta 分析 [J]. *中华创伤杂志*, 2016, 32 (5): 406-409. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1001-8050.2016.05.006.
Shen L, Su ZZ, Zhou Y. Controlled decompression for treatment of severe head injury: a meta-analysis [J]. *Chin J Trauma*, 2016, 32 (5): 406-409. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1001-8050.2016.05.006.
- [4] Wang Y, Wang C, Yang L, et al. Controlled decompression for the treatment of severe head injury: a preliminary study [J]. *Turk Neurosurg*, 2014, 24 (2): 214-220. DOI: 10.5137/1019-5149.JTN.8135-13.1.
- [5] 陈亚军, 蒋宇钢, 刘少波. 控制性阶梯式减压术治疗重型、特重型颅脑损伤疗效分析 [J]. *中国临床神经外科杂志*, 2015, 20 (3): 175-177. DOI: 10.13798/j.issn.1009-153X.2015.03.017.
Chen YJ, Jiang YG, Liu SB. Efficacy of controlled stepped decompression for severe and severe head injury [J]. *Chin J Clin Neurosurg*, 2015, 20 (3): 175-177. DOI: 10.13798/j.issn.1009-153X.2015.03.017
- [6] 陈磊, 王玉海, 蔡学见, 等. 重型颅脑伤并发外伤性脑梗死的防治策略 [J]. *中华神经外科杂志*, 2012, 28 (1): 76-78. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1001-2346.2012.01.025.
Chen L, Wang YH, Cai XJ, et al. The prevention and treatment strategies of posttraumatic cerebral infarction in patients with severe head trauma after operation [J]. *Chin J Neurosurg*, 2012, 28 (1): 76-78. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1001-2346.2012.01.025.
- [7] 张鲲鹏, 刘德昭. 阶梯式颅内减压技术在急性重度颅脑损伤中的应用疗效 [J]. *临床医学工程*, 2012, 19 (1): 42-43. DOI: 10.3969/j.issn.1674-4659.2012.01.0042.
Zhang KP, Liu DZ. The application and effect of ladder-type intracranial decompression technology in acute serious craniocerebral injury [J]. *Clin Med Eng*, 2012, 19 (1): 42-43. DOI: 10.3969/j.issn.1674-4659.2012.01.0042.
- [8] 陈育光. 控制减压治疗重型颅脑损伤的临床疗效 [J]. *中国医药指南*, 2013, 13 (17): 119-120. DOI: 10.3969/j.issn.1671-8194.2013.17.081.
Chen YG. Clinical efficacy of controlled decompression in the treatment of severe head injury [J]. *Guide China Med*, 2013, 13 (17): 119-120. DOI: 10.3969/j.issn.1671-8194.2013.17.081.
- [9] 彭涌. 阶梯式颅内减压技术在急性重度颅脑损伤中的临床疗效分析 [J]. *当代医学*, 2013, 19 (20): 104-105. DOI: 10.3969/j.issn.1009-4393.2013.20.076.
Peng Y. Analysis of clinical efficacy of stepped intracranial decompression technique in acute severe craniocerebral injury [J]. *Contemp Med*, 2013, 19 (20): 104-105. DOI: 10.3969/j.issn.1009-4393.2013.20.076.
- [10] 谷晓辉, 李景东, 黄威, 等. 控制性阶梯式减压在重型颅脑损伤治疗中的应用价值探讨 [J]. *中外医疗*, 2014, 33 (23): 29-30. DOI: 10.3969/j.issn.1674-0742.2014.23.015.
Gu XH, Li JD, Huang W, et al. Study on the application value of controlled staircase decompression in patients with severe craniocerebral injury [J]. *China Foreign Med Treat*, 2014, 33 (23): 29-30. DOI: 10.3969/j.issn.1674-0742.2014.23.015.
- [11] 郭骅, 柳隆华, 方旭生, 等. 控制性减压术在防治老年重型颅脑损伤并发脑梗死中的应用效果分析 [J]. *中国当代医药*, 2014, 21 (18): 47-48, 51.
Guo H, Liu LH, Fang XS, et al. Application effect analysis of controlling decompression in prevention and treatment of elderly severe craniocerebral injury complicated with cerebral infarction [J]. *China Mod Med*, 2014, 21 (18): 47-48, 51.
- [12] 胡林旺. 损伤控制理念在重型颅脑损伤救治中的应用 [J]. *现代医药卫生*, 2014, 30 (15): 2302-2303. DOI: 10.3969/j.issn.1009-5519.2014.15.029.
Hu LW. Application of injury control concept in the treatment of severe craniocerebral injury [J]. *J Mod Med Health*, 2014, 30 (15): 2302-2303. DOI: 10.3969/j.issn.1009-5519.2014.15.029.
- [13] 胡晓敏, 刘坤, 谭聪. 控制性减压术防治老年重型颅脑损伤并发脑梗死的可行性研究 [J]. *中外医学研究*, 2014, 12 (31): 134-135.
Hu XM, Liu K, Tan C. Controlling decompression feasibility study in elderly patients with cerebral infarction with severe brain injury prevention [J]. *Chin Foreign Med Res*, 2014, 12 (31): 134-135.
- [14] 潘文勇, 孟庆海, 李环亭, 等. 控制性阶梯式减压在重型颅脑损伤手术中的应用 [J]. *中华神经外科疾病研究杂志*, 2014, 13 (1): 36-39.
Pan WY, Meng QH, Li HT, et al. The controlled staircase decompression in the surgery of severe craniocerebral injury [J]. *Chin J Neurosurg Dis Res*, 2014, 13 (1): 36-39.
- [15] 甘存良, 李鑫, 刘少波, 等. 控制性减压术治疗重型、特重型颅脑损伤的临床观察和护理 [J]. *大家健康(下旬版)*, 2015, 9 (3): 403-404. DOI: 10.3969/j.issn.1009-6019.2015.03.532.
Gan CL, Li X, Liu SB, et al. Clinical observation and nursing of controlled decompression in the treatment of severe and severe traumatic brain injury [J]. *Everyone's Health (Late Edition)*, 2015, 9 (3): 403-404. DOI: 10.3969/j.issn.1009-6019.2015.03.532.
- [16] 向世清. 阶梯式颅内减压技术在急性重度颅脑损伤中的临床疗效观察 [J]. *医学信息*, 2015, 28 (29): 100-101. DOI: 10.3969/j.issn.1006-1959.2015.29.139.
Xiang SQ. Observation of clinical efficacy of stepped intracranial decompression technique in acute severe craniocerebral injury [J]. *Medical Information*, 2015, 28 (29): 100-101. DOI: 10.3969/j.issn.1006-1959.2015.29.139.
- [17] 张琦玮. 逐步控制性减压手术治疗重型颅脑损伤的临床观察 [J]. *中国实用医药*, 2015, 10 (32): 86-87. DOI: 10.14163/j.cnki.11-5547/r.2015.32.058.
Zhang QW. Clinical observation of stepwise controlled decompression surgery for severe craniocerebral injury [J]. *China Pract Med*, 2015, 13 (32): 86-87. DOI: 10.14163/j.cnki.11-5547/r.2015.32.058.
- [18] 靳旭亮. 控制性阶梯式颅内减压手术治疗重型颅脑损伤疗效观察 [J]. *中国卫生标准管理*, 2016, 7 (5): 39-40. DOI: 10.3969/j.issn.1674-9316.2016.05.028.
Jin XL. Application value of controlled staircase decompression in patients with severe craniocerebral injury [J]. *Chin Health Stand Manage*, 2016, 7 (5): 39-40. DOI: 10.3969/j.issn.1674-9316.2016.05.028.
- [19] 苏斌, 张治华. 控制性减压术防治老年重型颅脑损伤患者并发脑梗死的疗效分析 [J]. *系统医学*, 2016, 2 (3): 46-49.
Su B, Zhang ZH. Control effect analysis of patients with cerebral infarction and decompression in prevention and treatment of severe craniocerebral injury in elderly [J]. *J Syst Med*, 2016, 2 (3): 46-49.
- [20] Sun B, Shi L, Pan T, et al. Technique of controlled decompression in decompression of bone flap under intracranial pressure monitoring [J]. *Front Neurol*, 2016, 7: 56. DOI: 10.3389/fneur.2016.00056.
- [21] Jiang JY, Chinese Head Trauma Study Collaborators. Head trauma in China [J]. *Injury*, 2013, 44 (11): 1453-1457. DOI: 10.1016/j.injury.2012.08.045
- [22] 秦德广, 黄文勇, 邓略初, 等. 颅内压监测下控制性减压在去骨瓣减压术中的应用 [J]. *中华神经外科杂志*, 2015, 31 (5): 499-500. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1001-2346.2015.05.018.
Qin DG, Huang WY, Deng LC, et al. Application of controlled decompression in decompression of bone flap under intracranial pressure monitoring [J]. *Chin J Neurosurg*, 2015, 31 (5): 499-500. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1001-2346.2015.05.018.
- [23] 王玉海, 杨理坤, 蔡学见, 等. 控制减压治疗重型、特重型颅脑损伤 [J]. *中华神经外科杂志*, 2010, 26 (9): 819-822. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1001-2346.2010.09.021.
Wang YH, Yang LK, Cai XJ, et al. The treatment of severe and the most severely brain injury by controlled decompression [J]. *Chin J Neurosurg*, 2010, 26 (9): 819-822. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1001-2346.2010.09.021.