

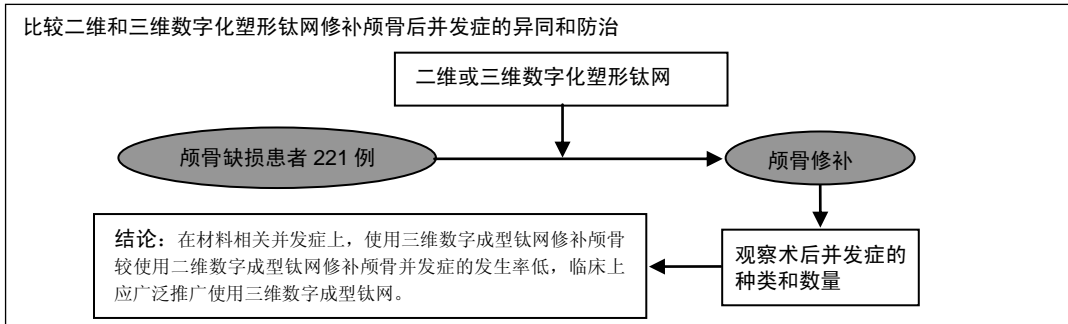
二维和三维数字化塑形钛网修补颅骨后并发症的异同

胡均贤, 袁玉明, 赵德英, 徐春林, 吴雅兰(黄冈市中心医院, 湖北省黄冈市 438000)

DOI:10.3969/j.issn.2095-4344.0872

ORCID: 0000-0003-1048-8380(胡均贤)

文章快速阅读:



胡均贤, 男, 1983 年生, 湖北省黄冈市人, 汉族, 2010 年西南医科大学毕业, 硕士, 主治医师, 主要从事颅脑外伤和脑血管病研究。

中图分类号:R318

文献标识码:A

稿件接受: 2018-01-15



文题释义:

医用钛网合金修补材料: 利用钛基金属借助数字化塑形技术制作成钛网, 使其成为颅骨缺损处支架材料, 具有无磁性、无毒性、质量轻、强度高、韧性好、在生理环境中耐腐蚀性好等优点。

二维钛网与三维钛网: 二维钛网从结构上只能进行 180° 的单向对称弯曲, 在不对其结构进行破坏的情况下, 无法多角度同时弯曲, 在数字塑型曲面过程中, 曲度越大则对其结构破坏越大。三维钛网结构类似于蜂巢, 是以六角形为核心单元的各种变化和排列, 允许三维钛网多角度同时弯曲, 其结构破坏明显小于二维钛网。

数字化塑形技术: 通过 CT 薄层扫描进行颅骨三维重建, 其数据经计算机整合后, 依靠三维重建健侧颅骨形态模拟出患侧缺损颅骨形态, 包括缺损区面积大小、弧度曲度等, 而后使用数字化设备对钛网进行高精度剪切及塑形。

摘要

背景: 颅骨缺损患者行颅骨修补后可发生与材料相关及不相关的并发症。

目的: 探讨二维和三维数字化塑形钛网修补颅骨后的并发症异同。

方法: 回顾性分析 221 例颅骨修补患者的临床资料, 其中 61 例采用二维数字化塑形钛网修补材料, 160 例采用三维数字化塑形钛网修补材料, 总结两组修补后发生与修补材料相关并发症(包括钛网钛钉外露与钛钉松动翘起)及不相关并发症(包括顽固性皮下积液、癫痫、头皮坏死、头皮感染、颅内感染和颅内血肿)的情况。

结果与结论: 二维数字化塑形钛网修补组发生并发症 14 例, 包括顽固性皮下积液 2 例、癫痫 7 例、钛网钛钉外露 2 例、钛网钛钉松动翘起 2 例、皮感染 1 例, 最后统计发生与修补材料相关并发症 4 例, 与修补材料不相关并发症 10 例; 三维数字化塑形钛网修补组发生并发症 17 例, 包括顽固性皮下积液 5 例、癫痫 9 例、头皮坏死 1 例、颅内感染 1 例、颅内血肿 1 例, 最后统计发生与修补材料相关并发症 0 例, 与修补材料不相关并发症 17 例; 两组发生与材料相关并发症例数差异显著($\chi^2=5.577, P=0.018$); 结果表明, 使用三维数字化塑形钛网修补颅骨后的与材料相关并发症发生情况低于二维数字化塑形钛网。

关键词:

三维数字化塑形钛网; 二维数字化塑形钛网; 颅骨修补; 数字化塑形技术; 钛合金; 钛网; 并发症; 生物材料

主题词:

颅骨; 手术后并发症; 神经外科手术; 组织工程

基金资助:

湖北省卫生和计划生育委员会科研项目(WJ2017F088)

Similarities and differences on complications after cranioplasty with two-dimensional and three-dimensional digital shaping titanium meshes

Hu Jun-xian, Yuan Yu-ming, Zhao De-ying, Xu Chun-lin, Wu Ya-lan (Huanggang Center Hospital, Huanggang 438000, Hubei Province, China)

Abstract

BACKGROUND: Patients with cranial defects undergoing cranioplasty can develop complications related or unrelated to repair materials.

OBJECTIVE: To explore the differences and similarities between the two-dimensional and three-dimensional digital shaping titanium meshes for cranioplasty.

METHODS: The clinical data of 221 patients with skull repair were retrospectively analyzed. Two-dimensional

Hu Jun-xian, Master, Attending physician, Huanggang Center Hospital, Huanggang 438000, Hubei Province, China

digital shaping titanium mesh was used in 61 cases, and three-dimensional digital shaping titanium mesh used in 160 cases. Postoperative complications related (including exposure of titanium mesh and nail and loosening of titanium nail) or unrelated (including refractory subcutaneous effusion, epilepsy, scalp necrosis, scalp infection, intracranial infection and intracranial hematoma) to repair materials were summarized.

RESULTS AND CONCLUSION: There were 14 cases of complications (4 related and 10 unrelated) in the two-dimensional digital shaping titanium mesh group, including 2 cases of intractable subcutaneous effusion, 7 cases of epilepsy, 2 cases of titanium mesh and nail exposure, 2 cases of titanium mesh and titanium nail loosening and 1 case of scalp infection. There were 17 cases of complications (0 related and 17 unrelated) in the three-dimensional digital shaping titanium mesh group, including 5 cases of refractory subcutaneous effusion, 9 cases of epilepsy, 1 case of scalp necrosis, 1 case of intracranial infection and 1 case of intracranial hematoma. Significant differences in the complications related to repair materials were found between the two groups ($\chi^2=5.577$, $P=0.018$). Overall findings suggest that the craniotomy with three-dimensional digital shaping titanium mesh can cause fewer material-related complications than that with two-dimensional digital shaping titanium mesh.

Subject headings: Skull; Postoperative Complications; Neurosurgical Procedures; Tissue Engineering

Funding: the Scientific Research Project of Hubei Provincial Health and Family Planning Committee, No. WJ2017F088

0 引言 Introduction

颅骨修补是神经外科常见手术,可恢复颅盖骨的完整性,避免大气压干扰颅内压,维持颅内压平稳,避免脑组织移位变形^[1],改善脑组织血流动力学,增加局部脑血流量,保持美观,缓解心理焦虑,减轻头痛头昏等症状,减轻和终止继发性脑损害的发生,改善神经功能预后和提高患者生活质量^[2-3]。除此之外,还有改善患者意识状态及认知功能^[4],恢复颅面部正常解剖要求的整形美容效果等作用^[5]。目前临床修复颅骨缺损主要的材料包括自体骨、非金属材料 and 金属材料^[6],经历了自体骨、有机玻璃、硅橡胶、骨水泥等阶段,但上述材料因为存在各种各样的缺陷逐步退出了修补材料的选择范围。虽然有新型蜂巢样聚己内酯-硅酸钙复合晶体材料等新兴材料的出现,但尚无大规模临床数据评估疗效。目前钛合金仍是修复材料的主流,尤其是近年来有不少新型钛合金涌现^[7-8]。试验采取回顾性分析,统计钛网合金颅骨修补后的并发症数据并做出分析,探讨如何防治钛网颅骨修补后的常见并发症。

1 对象和方法 Subjects and methods

1.1 设计 回顾性统计临床数据并分析。

1.2 时间及地点 试验于2007年6月至2017年8月在黄冈市中心医院完成治疗。

1.3 对象 纳入221例因颅骨缺损需要行颅骨修补的患者,其中男177例,女44例,年龄16-62岁;61例采用二维数字化塑形钛网修补材料,160例采用三维数字化塑形钛网修补材料。

诊断标准: 均为颅骨缺损患者,并需要行颅骨修补。

纳入标准: >16岁的患者;因颅脑损伤或脑出血等颅内高压去除颅骨的患者;原发性颅骨肿瘤需要切除病变颅骨的患者。

排除标准: ≤16岁的患者;继发性颅骨肿瘤、转移瘤等患者。

1.4 材料 二维钛网,为强生(上海)医疗器材有限公司产品,经过药品监督管理部门测试和评审,批准并颁发产品证书;产品材料为纯钛,无细胞毒性,组织相容性好,可塑形,特硬。三维钛网,为天津市康利民医疗器械有限公

司产品,经过药品监督管理部门测试和评审,批准并颁发产品证书;产品材料为钛,无细胞毒性,组织相容性好,可塑形。

1.5 试验方法 手术沿原切口入路,逐层分离头皮直至露骨边缘。暴露骨窗边缘,钛网覆盖骨窗后钛钉固定。依次缝合各解剖层直至头皮,留置引流管。

1.6 主要观察指标 二维和三维数字化塑形钛网颅骨修补后钛网材料相关并发症(包括钛网钛钉外露和钛网钛钉松动翘起)和非钛网材料相关并发症(包括顽固性皮下积液、癫痫、头皮坏死、头皮感染、颅内感染和颅内血肿)例数及处理后归转情况。

1.7 统计学分析 采用SPSS 21.0软件统计分析,计数资料采用卡方检验。分析结果均以 $P < 0.05$ 为差异有显著性意义。

2 结果 Results

2.1 受试者数量分析 试验纳入221例颅骨缺损患者,术后3, 6, 12个月以门诊形式进行随访,超过时间没来门诊随访者,则电话或手机进行随访,221例患者资料均进入结果分析。

2.2 试验流程图 见图1。

2.3 基线资料比较 颅骨缺损修补时间3-19个月;缺损部位额顶部181例(81.9%),额顶部29例(13.1%),额部11例(5%);颅骨缺损面积最小约3 cm×4 cm,最大约14 cm×15 cm,大部分为外伤去骨瓣减压,平均颅骨缺损面积8 cm×10 cm;颅骨缺损3-6个月157例,7-12个月46例,>12个月18例。二维数字化塑形钛网组与三维数字化塑形钛网组基线资料比较差异无显著性意义,具有可比性,见表1。

2.4 结局分析 二维数字塑形钛网修补61例,发生并发症14例;三维数字化塑形钛网修补160例,发生并发症17例,详见表2, 3。

并发症中癫痫最多,共16例,其中12例术前无癫痫,术后一过性癫痫,口服德巴金3个月后逐渐停药无癫痫复发;4例术前已有癫痫病史且口服德巴金,其中3例术后继续服用半年后停药随访无癫痫复发,另外1例口服德巴金随访每年癫痫小发作1至2次。

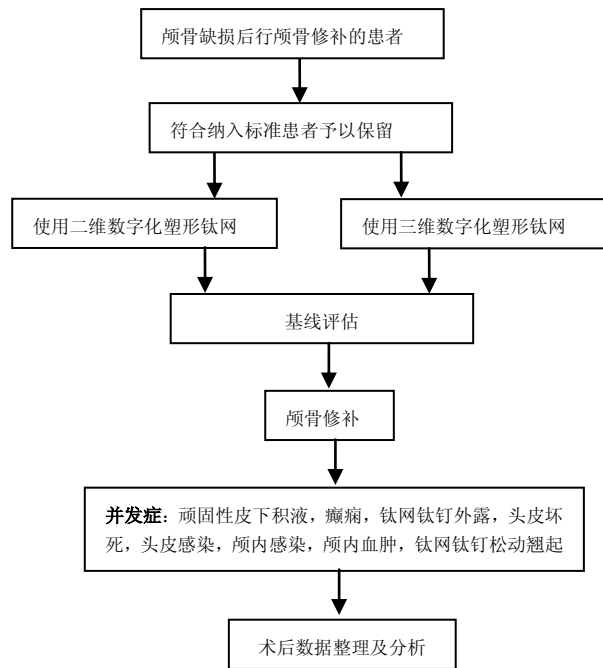


图1 试验流程图
Figure 1 Flow chart of the study

表2 二维和三维数字化塑形钛网修补后并发症的数据统计 (n)
Table 2 Number of complications after cranioplasty with two-dimensional and three-dimensional digital shaping titanium meshes

并发症	二维数字化塑形钛网组	三维数字化塑形钛网组
顽固性皮下积液	2	5
癫痫	7	9
钛网钛钉外露	2	0
头皮坏死	0	1
头皮感染	1	0
颅内感染	0	1
颅内血肿	0	1
钛网钛钉松动翘起	2	0

顽固性皮下积液共7例, 依靠注射器抽吸、弹力绷带适度加压和红外线局部理疗促进其吸收, 其中1例因反复抽吸次数过多诱发颅内感染, 保守治疗后无好转迹象, 取出三维数字成型钛网。

钛网钛钉外露2例均发生于二维数字化成型钛网组, 均表现为头皮进行性萎缩变薄, 钛网边缘逐渐裸露。长期换药和清除周围无活性组织均无效, 最终取出钛网。

2例钛网钛钉松动翘起, 1例后期失访, 1例再次手术固定。头皮坏死1例, 头皮坏死后清除坏死头皮和长期换药后逐渐愈合。

头皮感染1例, 加强抗炎和换药后逐渐好转。颅内血肿1例, 为术中颅骨修补骨窗压力偏高, 植入钛网压迫损伤脑组织出血, 因血肿量不大保守治疗后吸收。

3 讨论 Discussion

颅骨缺损范围直径超过3 cm即有手术修补适应证, 除开微创穿刺外, 大多数去骨瓣手术均达到颅骨修补标准^[9]。

表1 两组患者一般临床资料 (n)
Table 1 Baseline data of the patients in the two groups

项目	二维数字化塑形钛网组	三维数字化塑形钛网组	χ^2 值	P值
性别			0.230	0.631
男	48	121		
女	13	39		
年龄			1.799	0.180
≤45岁	40	89		
>45岁	21	71		
疾病种类			2.816	0.245
颅脑损伤	45	131		
脑血管病	10	22		
其他	6	7		
颅骨缺损时间			2.324	0.313
≤6个月	39	118		
7-12个月	15	31		
>12个月	7	11		
缺损部位			0.794	0.672
额颞顶	48	133		
颞顶	10	19		
额部	3	8		

表3 两种钛网修补术后并发症的数据统计比较 (n)
Table 3 Comparison of complications after cranioplasty with two-dimensional and three-dimensional digital shaping titanium meshes

钛网类型	非钛网材料相关并发症	钛网材料相关并发症	合计
二维数字化塑形钛网组	10	4	14
三维数字化塑形钛网组	17	0	17
χ^2 值	5.577		
P值	0.018		

目前颅骨修补的手术时机的选择争议较多, 部分临床医生认为3-6个月为最佳修补时机, 但是有随机对照研究表明早期颅骨修补的重要性不容忽视^[10], 早期3个月内颅骨修补能够更好地改善颅骨缺损而造成的继发性脑损害^[11-13], 还有研究表明, 早期颅骨修补患者感染的发生率显著高于晚期颅骨修补患者^[14-15]。为减少修补感染风险, 至少应在去骨瓣减压术后6个月以上再行颅骨修补^[16]。如果颅骨缺损术区存在感染, 需1年以后行颅骨修补术^[17]。无论选择在什么时机行颅骨修补都可能存在并发症, 严重的并发症可造成患者死亡^[18]。此次研究中, 二维数字化塑形钛网修补61例, 发生并发症14例; 三维数字化塑形钛网修补160例, 发生并发症17例。将本研究中的并发症分为钛网材料相关并发症和非钛网材料相关并发症。与本身材料相关导致的并发症, 包括钛网钛钉外露和钛网钛钉松动翘起, 称为钛网材料相关并发症。与本身材料不相关的并发症, 包括顽固性皮下积液、癫痫、头皮坏死、头皮感染、颅内感染和颅内血肿, 称为非钛网材料相关并发症。

虽然二维钛网与三维钛网都是钛合金材料, 但结构设计不一样: 二维钛网从结构上只能进行180°的单向对称弯

曲,在不对其结构进行破坏的情况下,无法多角度同时弯曲,在数字塑型曲面过程中,曲度越大则对其结构破坏越大;三维钛网结构类似于蜂巢,是以六角形为核心单元的各种变化和排列,允许三维钛网多角度同时弯曲,其结构破坏明显小于二维钛网。总之,二维钛网刚性强,塑形对其结构破坏大,塑形困难。与二维钛网相比,塑三维钛网塑形对结构破坏小,塑形相对容易。术中表现为二维钛网全部边缘与颅骨缺损对应的全部边缘不易同时紧贴,需要使用更多的钛钉固定,预防钛网翘起。而三维钛网容易紧贴,钛网不易翘起。因此钛网边缘与颅骨缺损边缘不易紧贴所造成的弹性慢性应力,可能造成钛钉的松动脱落和钛网边缘翘起,尤其在应力较大、固定钛钉较少和局部颅骨骨质疏松等状态下容易发生。此次研究中2例钛网钛钉松动翘起病例,1例为中老年男性,考虑钛网钛钉松动翘起与局部颅骨骨质疏松、钙质流失有关,此病例后期失访;1例为青年男性,钛网钛钉松动翘起后再次手术,多颗钛钉加固及固定。预防钛网钛钉松动翘起最佳方案为减少使用二维钛网,若使用需要使用更多的钛钉加固才能避免并发症的发生。研究中2例钛网钛钉外露患者均为二维数字化塑形钛网修补后患者。但钛网钛钉外露原因是头皮进行性萎缩变薄。考虑为二维钛网刚性强,不易形变,尤其头皮强行拉拢后,局部血运障碍,头皮进行性萎缩变薄直至钛网钛钉外露。除此之外钛网钛钉外露的常见原因:切口感染;夜间熟睡中抓破头皮;局部头皮血运差,如皮缘张力大强行缝合,皮瓣过度烧灼,剥离过薄;机体营养不良。防治方法:增加固定钛网的钛钉数量;术中去除上次切口线头,并使用可吸收线缝合;游离皮瓣时避免头皮过薄;改善机体营养状况;皮缘张力大时可减张缝合或松解帽状腱膜。由于头皮活动伸展性好,部分钛网钛钉外露可单纯拉拢缝合头皮,部分需要手术处理。

除此之外,非钛网材料相关并发症更多与手术缺陷相关,此次研究一共27例发生并发症,分述如下:

3.1 顽固性皮下积液 皮下积液是颅骨修补术后的最常见的并发症^[19],大部分可自行吸收或经抽吸后逐渐吸收。笔者将皮下积液时间超过1周,抽吸次数超过5次仍然存在皮下积液称为顽固性皮下积液。

此次研究中存在顽固性皮下积液较多,部分与术中分离颞肌和硬脑膜时破坏硬脑膜完整性且未修补有关。其次术中失血多,术后肿胀、水肿严重,贫血,术后低蛋白血症,不易修复,渗出多也是主要原因。其他常见原因:术中止血烧灼过度导致组织的炎症反应渗出过多;钛网虽然组织相容性好,但毕竟是异物,各类炎细胞聚集导致不同程度产生渗出液。防治措施:术中保持硬脑膜完整性,损伤硬脑膜需及时严密缝合,避免脑脊液流出存积于皮下;术中不宜过度烧灼;通畅及时引流,必要时抽吸后包扎^[20]。顽固性皮下积液时注射器反复抽吸易成为颅内感染的诱因。使用红外线局部理疗有加速脑复张和促进皮下积液吸

收的效果,从而逐渐缩小钛网与硬膜之间存在死腔,治愈顽固性皮下积液。

3.2 癫痫 颅骨修补术后癫痫是常见的并发症^[21-23],但大多数为一过性发作,其对患方造成恐慌和心理压力超过其实际临床意义。其常见原因有:术前已有癫痫;术前骨窗张力中等偏高,术中钛网压迫脑组织;术中牵拉分离皮瓣和悬吊硬脑膜对脑组织的机械性刺激;术后水电解质失衡、酸碱中毒等内环境紊乱。预防方法:术前有癫痫发作者,术前术中和术后都常规服用抗癫痫药物,不能口服则改为静脉使用;术前骨窗张力高可先行分流术,或术中使用甘露醇、过度通气等降低颅压的措施;术中烧灼创面止血时滴水降温;加强术后管理。术后癫痫症状较术前加重多见于重型颅脑损伤患者,多与原发脑损伤有关,与本身颅骨修补术关系不大。

3.3 颅内血肿 颅内血肿是颅骨修补术后的最严重并发症,绝大部分与手术缺陷有关。常见原因:术中止血不彻底导致硬膜外血肿;锐性分离皮瓣过深时损伤硬脑膜和脑组织;损伤硬脑膜后未严密缝合,血液经硬脑膜破口流入硬膜下腔;分离皮瓣时,过度牵拉引起脑皮质血管破裂;术中悬吊撕裂硬脑膜出血;悬吊硬膜过深损伤皮质血管出血。研究中1例颅内血肿为骨窗压力偏高,植入钛网压迫损伤脑组织造成出血。若术中出现骨窗张力高,可以使用甘露醇或麻醉过度换气降低骨窗张力。颅内血肿重在预防,提高和完善手术操作技能是解决问题的最佳途径。一旦发生术后颅内血肿,大多需要手术处理,仅血肿量少者可予以保守治疗。

3.4 头皮感染和颅内感染 研究中1例颅内感染由于皮下积液时反复穿刺抽吸导致,除此之外常见原因:术中不遵守无菌原则;过度烧灼皮缘导致局部坏死;切口周围毛囊炎或红丘;植入材料污染;皮瓣血供变差;硬脑膜完整性破坏,脑脊液漏持续存在。预防:术前预防使用抗生素和术中严格执行无菌操作;改善皮瓣血供,分离时保持皮瓣厚度,止血时忌过度烧灼皮瓣;分离皮瓣时,避免损伤硬脑膜;缝合帽状腱膜层;钛网塑形不佳需要手工塑形时,应避免边缘锐利刺破头皮;缝合皮瓣张力高时可减张缝合或松解帽状腱膜;避免钛钉破入额窦^[24];缩短手术时间^[25]。头皮感染和颅内感染与细菌侵入有关,若发生头皮感染和颅内感染则可以长程足量使用敏感抗生素治疗。不过注重术中细节技巧给术后管理带来的效益优于感染后依赖使用抗生素的效益。

3.5 头皮坏死 此次研究中,1例头皮坏死为外伤去骨瓣术中扩大骨瓣导致颅骨缺损边缘超过头皮切口边缘,其后颅骨修补时未按原切口切开,改为实际颅骨缺损边缘切开导致皮桥形成,局部头皮血供不良引起皮肤坏死。其他头皮坏死原因如:术中皮瓣高张力状态下强行缝合、止血时过度烧灼,术后皮瓣肿胀、低供血状态,都容易引起皮瓣缺血坏死。预防措施:术中止血不能过度烧灼,皮瓣高张

力高可考虑减张缝合; 术后可行红外线局部照射; 皮瓣变黑坏死范围不大时, 清除坏死组织勤换药, 由肉芽组织逐渐填充而愈合, 范围大则移植皮肤或转移皮瓣, 病情进展时应取出钛网^[26]。

综上所述, 使用三维数字化塑形钛网修补颅骨在材料相关并发症上, 比使用二维数字化塑形钛网修补颅骨并发症的发生率低, 临床上应广泛推广使用三维数字化塑形钛网。

致谢: 感谢文中 221 例颅骨修补的患者、家属、参与治疗的医护人员及所有为患者康复付出努力的人员。

作者贡献: 胡均贤成文, 袁玉明、徐春林、吴雅兰负责资料收集, 赵德英负责数据整理。

经费支持: 该文章接受了“湖北省卫生和计划生育委员会科研项目(WJ2017F088)”的资助。所有作者声明, 经费支持没有影响文章观点和对研究数据客观结果的统计分析及其报道。

利益冲突: 文章中的干预手段应用了强生(上海)医疗器械有限公司和天津市康利民医疗器械有限公司医疗器械, 但是所有作者声明没有接受相关的经费支持, 不存在利益冲突。

伦理问题: 治疗方案经黄冈市中心医院伦理委员会批准。患者和家属知情并同意手术方案及治疗措施。临床试验研究的实施符合《赫尔辛基宣言》和医院对人体研究的相关伦理要求。文章的撰写与编辑修改后文章遵守了非随机对照临床试验研究报告指南》(TREND 声明)。参与实验的患病个体及其家属为自愿参加, 在充分了解本治疗方案的前提下签署“知情同意书”, 实施手术或者治疗的医生/医疗机构符合神经外科颅骨修补手术的资质要求。

文章查重: 文章出版前已经过 CNKI 反剽窃文献检测系统进行 3 次查重。

文章外审: 文章经国内小同行外审专家双盲外审, 符合本刊发稿宗旨。

作者声明: 第一作者对研究和撰写的论文中出现的不端行为承担责任。论文中涉及的原始图片、数据(包括计算机数据库)记录及样本已按照有关规定保存、分享和销毁, 可接受核查。

文章版权: 文章出版前杂志已与全体作者授权人签署了版权相关协议。

开放获取声明: 这是一篇开放获取文章, 根据《知识共享许可协议》“署名-非商业性使用-相同方式共享 3.0”条款, 在合理引用的情况下, 允许他人以非商业性目的基于原文内容编辑、调整和扩展, 同时允许任何用户阅读、下载、拷贝、传递、打印、检索、超级链接该文献, 并为之建立索引, 用作软件的输入数据或其它任何合法用途。

4 参考文献 References

[1] 庄亚瑟,方志成,刘伯毅,等. 基于CT灌注评价早期钛网修补颅骨缺损对脑血流量及神经功能康复的影响:随机对照临床试验[J]. 中国组织工程研究, 2017,21(26):4228-4233.

[2] Krause-Titz UR,Warneke N,Freitag-Wolf S,et al.Factors influencing the outcome (GOS) in reconstructive cranioplasty. Neurosurg Rev. 2016; 39(1):133-139.

[3] Andrew Post T,Blaine Hoshizaki Michael D,Gilchrist,et al.The influence of acceleration loading curve characteristics on traumatic brain injury.J Biomech.2014;47(5):1074-1081.

[4] Coelho F,Oliveira AM,Paiva WS,et al.Comprehensive cognitive and cerebral hemodynamic evaluation after cranioplasty.Neuropsychol Dis Treat. 2014;10:695-701.

[5] Chen B,Li W,Chen D,et al.Partial titanium mesh explantation cured post-cranioplasty implant-associated scalp infection.J Clin Neurosci. 2017;44:196-202.

[6] 张海防.不同材料修复颅骨缺损的比较[J].中国组织工程研究, 2016, 20(34):5142-5148.

[7] Fischer M,Joguet D,Robin G,et al.In situ elaboration of a binary Ti-26Nb alloy by selective laser melting of elemental titanium and niobium mixed powders.Mater Sci Eng C Mater Biol Appl. 2016;62:852-859.

[8] Takematsu E,Katsumata K,Okada K,et al.Bioactive surface modification of Ti-29Nb-13Ta-4.6Zr alloy through alkali solution treatments.Mater Sci Eng C Mater Biol Appl. 2016; 62:662-667.

[9] 胡均贤,徐春林,吴雅兰.高血压脑出血微创穿刺清除术后手术相关并发症及预后分析[J].临床外科杂志,2016,24(4):318.

[10] Piedra MP,Ragel BT,Dogan A,et al.Timing of cranioplasty after decompressive craniectomy for ischemic or hemorrhagic stroke.J Neurosurg.2013;118(1):109-114.

[11] Song J,Liu M,Mo X,et al.Beneficial impact of early cranioplasty in patients with decompressive craniectomy: evidence from transcranial Doppler ultrasonography.Acta Neurochir(Wien).2014;156(1):193-198.

[12] Honeybul S,Ho KM.Decompressive craniectomy for severe traumatic brain injury:The relationship between surgical complications and the prediction of an unfavourable outcome. Injury.2014;45(9):1332-1339.

[13] Wang Y,Wang C,Liu Y.Chronic subdural haematoma evolving from traumatic subdural hydroma.Brain Ink. 2015;29(4): 462-465.

[14] Songara A,Gupta R,Jain N,et al.Early Cranioplasty in Patients With Posttraumatic Decompressive Craniectomy and Its Correlation with Changes in Cerebral Perfusion Parameters and Neurocognitive Outcome.World Neurosurg. 2016;94: 303-308.

[15] Xu H, Niu C, Fu X,et al.Early cranioplasty vs.late cranioplasty for the treatment of cranial defect:a systematic review.Clin Neurol Neurosurg. 2015;136:33-40.

[16] Thavarajah D,De Lacy P,Hussien A,et al.The minimum time for eranioplasty insertion from craniectomy is six months to reduce risk of infection-a case series of 82 patients.Br J Neurosurg. 2012;26(1): 78-80.

[17] Xu H,Niu C,Fu X,et al.Early cranioplasty vs.late cranioplasty for the treatment of cranial defect:a systematic review.Clin Neurol Neurosurg. 2015;136(9):33-40.

[18] Williams LR,Fan KF,Bentley RP.Custom-made titanium cranioplasty: early and late complications of 151 cranioplasties and review of the literature.Int J Oral Maxillofac Surg.2015;44(5):599-608.

[19] 郑金玉,齐亮,陈中俊,等.三维钛网颅骨修补的手术技巧与并发症探讨[J].临床神经外科杂志,2014,11(6):464-466.

[20] 周军格,邱勇,岑波,等.数字成型钛网颅骨修补后的皮下积液[J].中国组织工程研究,2014,18(8):1301-1306.

[21] Zanaty M,Chalouhi N,Starke RM,et al.Complications following cranioplasty: incidence and predictors in 348 cases.J Neurosurg. 2015;123(1):182-188.

[22] Lee L,Ker J,Quah BL,et al.A retrospective analysis and review of an institution's experience with the complications of cranioplasty.Br J Neurosurg.2013;27(5):629-635.

[23] Sobani ZA,Shamim MS,Zafar SN,et al. Cranioplasty after decompressive craniectomy: An institutional audit and analysis of factors related to complications.Surg Neurol Int. 2011;2:123.

[24] 向言召,闵怀伍.颅骨修补术后并发症分析及其防治的研究进展[J].中国综合临床,2012,28(10):1110-1112.

[25] 黄学才,叶锦平.颅骨修补感染的风险因素分析[J].中华神经医学杂志, 2016,15(8):839-842.

[26] 赵文校,阮玉山.三维塑形钛网颅骨修补术并发症分析[J].广西医科大学学报,2014,31(3):507-508.