

3D 打印引导钛网在成年人颅骨缺损修补中的应用

张毅¹ 彭强² 吴阳² 王蕾² 戴勇¹ 倪娟¹

【摘要】 目的 探讨3D打印引导钛网修补成年人颅骨缺损的临床应用价值。方法 选取南通大学第二附属医院神经外科自2017年1月至2018年12月收治的需进行颅骨修补术患者39例,根据修补技术将患者分为2组,采用常规修补术的11例患者为对照组,基于3D打印技术进行钛网颅骨修补术的28例患者为试验组。比较2组患者术后相关临床资料。结果 试验组与对照组在性别、年龄及平均缺损面积比较差异均无统计学意义($P>0.05$)。试验组修补时间为(95.18±8.51)min,较常规手术(125.45±6.58)min明显缩短,同时试验组钛钉固定数目为(9.39±1.42)个,较常规手术的(11.55±1.86)个明显减少,差异有统计学意义($P<0.05$)。而术后2组患者并发症发生率差异无统计学意义($P>0.05$)。结论 运用3D打印技术引导钛网进行精准塑形剪裁安全可行,能缩短修补时间,减少术后并发症及风险,可运用于临床颅骨修补术。

【关键词】 3D打印技术; 钛网; 颅骨修补

Accuracy of three-dimensional printing-guided titanium mesh in repairing adult skull defects

Zhang Yi, Peng Qiang², Wu Yang², Wang Lei², Dai Yong¹, Ni Juan¹. ¹Department of Neurosurgery, Second Affiliated Hospital of Nantong University, Nantong 226001, China; ²Department of Emergency Center, Second Affiliated Hospital of Nantong University, Nantong 226001, China

Corresponding author: Wang Lei, Email: wangleilei2339@163.com

【Abstract】 Objective To explore the clinical value of three-dimensional (3D) printing-guided titanium mesh in repairing adult skull defects. **Methods** Thirty-nine patients who needed cranioplasty in Department of Neurosurgery, the Second Affiliated Hospital of Nantong University from January 2017 to December 2018 were selected. The patients were divided into two groups according to the repair technology. Eleven patients who underwent routine cranioplasty were the control group, and 28 patients who underwent titanium mesh cranioplasty based on 3D printing technology were the experimental group. The clinical data of the two groups were compared statistically. **Results** There was no statistical difference in sex, age and average defect area between the experimental group and the control group ($P>0.05$). The repair time of the experimental group was (95.18±8.51) min, which was shorter than that of the conventional operation (125.45±6.58) min; and the fixed number of titanium nails in the experimental group was (9.39±1.42), which was lower than that in the conventional operation group (11.55±1.86), the difference was statistically significant ($P<0.05$). There was no significant difference in the complications between the two groups ($P>0.05$). **Conclusion** It is safe and feasible to use 3D printing technology to guide precise plastic cutting of titanium mesh, which can shorten the repair time, reduce the complications and risks after operation. It can be used in clinical cranioplasty.

【Key words】 Three-dimensional printing technology; Titanium mesh; Skull repair

颅骨修补术是针对各种因素导致的颅骨缺损进行修补、填充的神经外科手术^[1]。常规的颅骨修补术是根据患者缺损部位、大小及形状进行人工修剪钛

网的一期修补,其手工塑形误差大,制作的修复假个体契合性差,精准度低,不能满足术后美观、舒适的要求。3D打印技术可运用软件进行分层制造、逐层叠加,通过扫描图像模拟构造三维立体形态,临床效果好,已经广泛应用于医学领域,尤其在骨关节及颌面外科修补正畸方向,近年来在神经外科颅骨修补方面亦开展运用^[2,3]。本文就3D打印技术在临床颅骨精准个体化修补中的应用进行探讨。

DOI:10.3877/cma.j.issn.2095-9141.2019.03.011

基金项目:南通市科技计划项目(MS12015109)

作者单位:226001 江苏南通,南通大学第二附属医院神经外科¹, 急诊中心²

通信作者:王蕾,Email:wangleilei2339@163.com

一、资料与方法

1. 研究对象: 选取南通大学第二附属医院神经外科自 2017 年 1 月至 2018 年 12 月收治的 39 例颅骨缺损患者为研究对象, 其中常规修补术患者 11 例(对照组), 基于 3D 打印技术进行钛网颅骨修补术患者 28 例(试验组)。试验组中男性 21 例, 女性 7 例, 年龄范围 18~61 岁, 年龄(43.71±12.33)岁; 颅骨缺损: 额颞 13 例, 颞顶 6 例, 额颞顶 5 例, 额顶 2 例, 顶枕 2 例; 平均缺损面积 8.2 cm×10.7 cm。对照组中男性 9 例, 女性 2 例, 年龄范围 18~58 岁, 年龄(41.73±12.13)岁; 颅骨缺损: 额颞 4 例, 颞顶 2 例, 额颞顶 3 例, 额顶 1 例, 顶枕 1 例; 平均缺损面积 7.8 cm×11.2 cm。39 例患者颅骨缺损原因均为颅脑创伤开颅去骨瓣减压, 手术至修补时间平均 3 个月。2 组患者的性别差异、年龄、平均缺损面积比较差异均无统计意义($P>0.05$)(表 1)。

表 1 2 组患者一般资料比较

组别	例数	男性[例(%)]	年龄(岁)	平均缺损面积(cm ²)
对照组	11	9(81.82)	41.73±12.13	87.64±3.29
试验组	28	21(75.00)	43.71±12.33	87.57±3.36
t/χ^2 值		0.207	-0.455	0.055
P 值		1.000	0.652	0.957

2. 操作平台: 计算机配置: 处理器: Inter Core i5-6200U CPU, 安装内存: 16.0 GB, 系统类型: Windows 7 64 位操作系统, 基于 x64 的处理器, 显示器分辨率: 1920×1080, Mimics 16.0 图像处理软件; MakerBot Replicator 2 3D 打印机; 定位精度: XY 轴: 0.011 mm, Z 轴: 0.0025 mm; 单个喷嘴直径 0.4 mm。软件: MakerWare 1.0.2。

3. 术前影像学检查与钛网的制备: 所有患者术前均行头部 CT 扫描, 将试验组患者的颅骨 CT 图像以 DICOM 格式导入 Mimics 软件, 通过 Mimics 镜像法进行颅骨缺损模型设计, 颅骨缺损修补假体模型建立后, 以 STL 格式保存并导入传递给 MakerBot Replicator 2 3D 打印机, 运用 MakerWare 软件对颅骨模型进行校验和修正^[4]。根据模型的数据使用数字化设备进行塑型, 制作出与缺损相匹配的钛网。钛网的边缘应超过缺损边缘约 1 cm, 以便固定。塑型成功的钛网经消毒后备用。个体化纯钛修复体的化学成分符合中国国家标准——《外科植入物用钛及钛合金加工材》GB/T13810-2007。

4. 手术过程: 试验组患者均在全麻下原手术切口处切开, 逐层切开充分暴露颅骨缺损的边缘, 钛网

已高压灭菌消毒, 不作任何裁剪覆盖在骨窗上, 与缺损骨面契合并钛钉固定。对照组患者进行麻醉、手术区域逐层暴露, 高压灭菌消毒钛网进行修剪剪裁与骨面契合, 随之钛钉固定。2 组患者中缺损范围大者将骨窗中心硬脑膜悬吊固定于钛网上避免出现硬膜外积液, 皮下放置引流管, 缝合头皮并加压包扎固定。术后均复查颅脑 CT。所有患者术后均常规应用抗感染及相关对症支持处理。根据病情 72 h 后拔除引流管。常规术后 1 周左右拆线。

5. 统计学分析: 采用 SPSS 23.0 统计学软件对数据进行分析处理, 年龄、缺损面积、修补时间及钛钉数等计量资料采用均数±标准差($\bar{x}±s$)表示, 组间比较采用独立样本 t 检验, 性别、术后并发症等计数资料采用率(%)表示, 采用 χ^2 检验。以 $P<0.05$ 为差异具有统计学意义。

二、结果

试验组手术修补时间为(95.18±8.51)min, 较常规修补手术的(125.45±6.58)min 明显缩短, 同时钛钉固定的数目为(9.39±1.42)个, 较常规修补手术的(11.55±1.86)个明显减少, 差异有统计学意义($P<0.05$)。另外 2 组术后并发症发生率差异无统计学意义($P>0.05$), 其中对照组发生皮下积液 2 例, 试验组发生皮下积液 1 例, 经穿刺抽吸、加压包扎之后均好转。试验组 1 例稍有切口处红肿, 予以局部消毒及抗感染静脉使用后好转出院, 其他患者均无手术切口感染、钛网外露及钛网感染, 术后患者颅骨修补处外形较对侧对称, 塑型效果随访满意, 术后 3 个月内随访经临床和 CT 检查, 颅骨外形恢复良好, 两侧基本对称, 颌下咬合关系恢复良好, 说话语音清晰, 无张口受限。对照组 3 个月内随访, 临床及 CT 检查发现 2 例伤口感染皮下肿胀, 经肿胀切口引流和静脉抗感染后, 仍然伤口流脓, 予以清除植骨块和重钛板后伤口痊愈, 考虑植入失败(表 2)。

表 2 2 组患者颅骨修补术相关变量比较

变量	例数	修补时间(min)	钛钉固定(个)	术后并发症[例(%)]
对照组	11	125.45±6.58	11.55±1.86	2(18.18)
试验组	28	95.18±8.51	9.39±1.42	1(3.57)
t/χ^2 值		10.589	3.892	2.374
P 值		0.001	0.001	0.187

三、讨论

3D 打印技术又称快速成型技术或增材制造技术, 能运用软件“分层制造、逐层叠加”, 通过扫描图像模拟构造三维立体形态, 利用环保安全可黏合材

料打印构造物理模型的一种快速新兴技术^[5,6]。常规的颅骨修补手术因术中手工塑形误差大,制作的修复假体个体匹配性差,不能满足患者修复后美观、舒适的要求。随着科技的进步,三维塑形钛网修补也已经在临床广泛应用,虽然能使个体适配性和外观美容得到大幅改善,但当颅骨缺损发生在曲面及解剖复杂的部位时,仍存在一些缺陷,而采用3D打印钛网塑形能满足个体适配性和外观美容要求^[7,8]。本文针对不同区域的颅骨缺损进行3D修补,与常规修补术进行比较,探讨3D打印引导钛网修补在成年人颅骨缺损中的临床应用价值。

研究前期,笔者团队曾制造新西兰兔颅骨缺损模型并运用3D打印技术进行预制兔骨性缺损的修复,术后1~6个月血清和尿液中钛离子浓度较术前明显升高,第3个月到达高峰;术后肺、肝、肾等脏器中钛离子水平较对照组有明显升高,其中术后1、3、6、12个月钛离子在脊髓中的蓄积均高于其他内脏组织浓度。研究显示钛植入体在新西兰兔体内是相对安全的^[9,10]。笔者团队进一步将3D打印技术运用到临床患者颅骨精准个体化修补中也取得了成功。本次试验中28例患者术前扫描的CT影像图片经Mimics软件处理后可以精确进行修补材料的面积及生理弧度调整,并运用MakerWare软件进行个性化精确设计塑形,制造出与缺损部分吻合良好的修复体,能还原复颅骨缺损部位的生理原貌;同时术中减轻术者劳动强度,减少了钛钉使用及多次手工塑形,降低了手术难度,且钛网固定牢固,无浮动外露及感染,同时手术时间较传统的手工裁剪方式明显缩短,头部外观较对侧对称,效果满意。并且缩短了术后康复时间,增加了医患双方的满意度。

另外本研究在病例年龄选择方面,选择成年18周岁以上人群。目前越来越多的领域开始关注尚处在生长发育阶段的儿童甚至是婴幼儿颅面缺损或畸形中使用坚强内固定技术的可行性。李浩等^[11]运用3D打印技术辅助手术治疗43例平均年龄12岁的重度脊柱侧凸儿童,通过研究认为3D打印技术的优势在于术中透视次数更少、手术时间缩短,但在矫正效果和并发症控制方面则无明显优势。生长发育期的患者是否是具备坚强内固定技术的适应人群,该技术对远期生长发育期颅面骨骼是否有抑制,目前没有明确的建议。笔者团队在幼兔颅面缺损处进行钛网植入修复时,出现了双侧颅骨的不对称畸形发育,但未观察到术处存在明显积液、感染、血肿及

钛网松动、外露等严重情况,提示钛离子及钛网植入术操作本身是相对安全的^[12]。

综上所述,3D打印技术与医学结合的兴起让完美修补颅骨缺损成为可能,而钛网作为修补材料也作为临床的首选^[13]。随着打印技术的发展成熟,新型材料如聚醚醚酮及多种生物复合制剂开发及临床投入,3D打印技术引导下的临床修补操作将在医学领域兴起一次变革^[14,15]。但是在临床中运用钛网进行未成年人包括儿童及婴幼儿颅骨缺损修补时需慎重考虑,术前充分沟通告知预后。

参 考 文 献

- [1] 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.
- [2] 刘冬, 秦虎, 汪永新, 等. 3D打印羟基磷灰石/聚乳酸网状复合物修复颅骨缺损[J]. *中国组织工程研究*, 2019, 23(6): 833-837.
- [3] 殷俊飞扬, 钟静, 陈莉智, 等. 3D打印技术在颌面整形外科的应用进展[J]. *中国医学物理学杂志*, 2018, 35(12): 1479-1482.
- [4] 范芦芳, 徐浩铜, 张正治, 等. 利用Mimics软件构建人颅骨缺损区植入体的参数设置研究[J]. *第三军医大学学报*, 2011, 33(19): 2093-2095.
- [5] 许兴军, 李泽福, 崔岳文, 等. 3D打印技术在硬膜外血肿手术中的应用[J]. *中华神经创伤外科电子杂志*, 2018, 4(3): 167-170.
- [6] 陈俊, 周赤忠, 刘融. 颅骨修补材料运用现状及3D打印技术在其制备工艺中的应用展望[J]. *中国临床神经外科杂志*, 2017, 22(8): 597-600.
- [7] Andrabi SM, Sarmast AH, Kirmani AR, et al. Cranioplasty: Indications, procedures, and outcome-An institutional experience [J]. *Surg Neurol Int*, 2017, 8(1): 91.
- [8] 赵树森, 盛文娟, 张伟斌, 等. 基于CT数据的3D打印数据生成方法研究[C]. 第十五届中国体视学与图像分析学术会议论文集, 2017: 1.
- [9] 王蕾, 张毅, 王学建, 等. 3D打印技术在新西兰兔颅骨修补中的初步研究[J]. *生物医学工程与临床*, 2018, 22(2): 129-132.
- [10] 王蕾, 张毅, 严红燕, 等. 新西兰兔颅骨缺损钛网植入后钛离子释放的研究[J]. *生物医学工程与临床*, 2018, 22(3): 257-261.
- [11] 李浩, 张学军, 祁新禹, 等. 3D打印技术辅助手术治疗儿童重度脊柱侧凸的应用研究[J]. *临床小儿外科杂志*, 2018, 17(9): 654-658.
- [12] 张毅, 王蕾, 孙卫兵, 等. 基于3D打印的个体化钛修复体对幼兔颅面骨发育的研究[J]. *外科研究与新技术*, 2018, 7(3): 165-169.
- [13] Panesar SS, Belo JTA, D'Souza RN. Feasibility of clinician-facilitated three-dimensional printing of synthetic cranioplasty flaps[J]. *World Neurosurg*, 2018, 113: e628-e637.
- [14] 李晓宇, 宋超伟, 费琦, 等. 骨修复3D打印钛合金支架材料的研究进展[J]. *临床和实验医学杂志*, 2019, 18(2): 222-225.
- [15] 卢磊, 陈旭义, 李一鹏, 等. 颅骨修补材料研究现状及3D打印技术应用前景[J]. *中国组织工程研究*, 2016, 20(52): 7885-7890.

(收稿日期:2018-12-11)

(本文编辑:闫晋利)