

引文格式:季中锟,赵云,于莎莎,赵红.眼眶爆裂性骨折修复手术模拟的眼眶3D打印模型和外科种植体模型的研究[J].眼科新进展,2017,37(7):662-666. doi:10.13389/j.cnki.rao.2017.0168

【应用研究】

眼眶爆裂性骨折修复手术模拟的眼眶3D打印模型和外科种植体模型的研究

季中锟 赵云 于莎莎 赵红

作者简介:季中锟,男,1981年11月出生,山东文登人,硕士,主治医师。主要研究方向为眼眶整复和眼整形外科。联系电话:13863093690; E-mail: 13863093690@163.com; ORCID: 0000-0001-8487-778X

About JI Zhong-Kun: Male, born in November, 1981. Master degree. Tel: 13863093690; E-mail: 13863093690@163.com; ORCID: 0000-0001-8487-778X

收稿日期:2017-03-05

修回日期:2017-04-21

本文编辑:方红玲

作者单位:300020 天津市,天津市眼科医院 天津市眼科学与视觉科学重点实验室 天津市眼科研究所 天津医科大学眼科临床学院(季中锟现工作于山东省文登整骨医院眼科)

通讯作者:赵云, E-mail: sdsh716@163.com; ORCID: 0000-0002-6476-008X

Received date: Mar 5, 2017

Accepted date: Apr 21, 2017

From the Tianjin Eye Hospital, Tianjin Key Laboratory of Ophthalmology and Vision Science, Tianjin Eye Research Institute, Clinical College of Ophthalmology of Tianjin Medical University, Tianjin 300020, China

Responsible author: ZHAO Yun, E-mail: sdsh716@163.com; ORCID: 0000-0002-6476-008X

体大小,分别将模型与患者的眼眶解剖标志测量数据进行配对t检验。由高年资眼眶外科医师对打印的眼眶爆裂性骨折模型和外科种植体模型进行模拟手术操作。结果 共有10例眼眶下壁爆裂性骨折患者,其中男5例(5眼)、女5例(5眼)。3D模型和外科种植体模型成功设计并打印。全部男性组和女性组眼眶爆裂性骨折3D打印模型与CT测量的眼眶数据基本相吻合,差异均无统计学意义(均为 $P>0.05$)。由高年资眼眶外科医师在模拟手术室手术环境下向住院医师示范眼眶骨折修复术手术操作,3D打印的眼眶爆裂性骨折模型可成功用于模拟手术操作和教学示范。结论 3D打印的眼眶爆裂性骨折模型能够真实还原患者眼眶损伤情况和眼眶解剖细节,为医师提供了立体直观的术前设计的模型,对了解眼眶爆裂性骨折的波及范围和手术教学模拟具有积极意义。

眼眶爆裂性骨折是在眶周受到钝性打击后形成的特殊类型骨折,其特点是眶壁发生骨折而眶缘完好,常累及眼眶内壁和下壁,以眼球凹陷和复视为主要临床表现^[1]。眼眶爆裂性骨折在临床上较为常见,手术修复眶壁骨折的目的是使疝出的软组织复位,改

Application of 3D printing orbit and surgical implant for orbital blowout fracture surgical operation planning and teaching

JI Zhong-Kun, ZHAO Yun, YU Sha-Sha, ZHAO Hong

【Key words】 orbital fracture; 3D printing; surgical simulation; teaching and training

【Abstract】 **Objective** To explore the possibility of three-dimensional orbit replications for clinic and teaching of orbital blowout fracture surgical operation. **Methods**

The orbital CT DICOM format data from 10 patients with orbital floor fractures were selected between November 2016 and January 2017 from Wendeng Osteopath Hospital. Thresholding technique, region growing technique, edit mask technique and multiple slice edit technique were used in sequence by Mimics software. And 3D replications were printed by Object 500 3D printer. The sizes of the replications were measured. The model of orbital blowout fracture and surgical implant model were simulated by senior orbital surgeon. **Results** In the 10 cases, male was 5 cases, and female was 5 eyes.

The 3D replications of the orbits were successfully designed and printed. The sizes of the 3D replications were basically consistent with those of patients' orbits, and there was no statistical difference (all $P>0.05$). Under operation room surgery simulation environment, the orbital fracture surgical repair operation was demonstrated to the resident by the senior surgeon, 3D printing orbital blowout fracture model can be successfully used to simulate the operation and teaching demonstration. **Conclusion** 3D printing orbital blowout fracture model can restore the true orbital injury and orbital anatomic details, provides the design operation of stereoscopic model for the physician, which has positive significance to understand the scope and surgery teaching simulation of orbital blowout fracture.

【中图分类号】 R779.64

【关键词】 眼眶骨折; 3D打印; 手术模拟; 培训教学

【摘要】 **目的** 设计并制作可用于眼眶爆裂性骨折修复手术临床与教学的3D眼眶模型。**方法** 选取2016年11月至2017年2月在山东文登整骨医院眼科确诊的10例(10眼)眼眶下壁爆裂性骨折患者眼眶CT检查DICOM格式的原始CT数据。使用Mimics软件对二维CT图像依次进行阈值选取、区域增长、处理模具、多层编辑修饰等过程,最终获得完整的眼眶爆裂性骨折3D模型,通过3D打印机打印出患者的3D眼眶模型,测量各模型的具体大小,分别将模型与患者的眼眶解剖标志测量数据进行配对t检验。由高年资眼眶外科医师对打印的眼眶爆裂性骨折模型和外科种植体模型进行模拟手术操作。结果 共有10例眼眶下壁爆裂性骨折患者,其中男5例(5眼)、女5例(5眼)。3D模型和外科种植体模型成功设计并打印。全部男性组和女性组眼眶爆裂性骨折3D打印模型与CT测量的眼眶数据基本相吻合,差异均无统计学意义(均为 $P>0.05$)。由高年资眼眶外科医师在模拟手术室手术环境下向住院医师示范眼眶骨折修复术手术操作,3D打印的眼眶爆裂性骨折模型可成功用于模拟手术操作和教学示范。结论 3D打印的眼眶爆裂性骨折模型能够真实还原患者眼眶损伤情况和眼眶解剖细节,为医师提供了立体直观的术前设计的模型,对了解眼眶爆裂性骨折的波及范围和手术教学模拟具有积极意义。

善眼球运动功能,重建眶壁结构和恢复眶腔容积^[2]。目前国内外眼眶骨折修复手术中使用的修复材料主要包括自体骨、异体骨和各种人工材料等,其中人工材料主要有高密度多孔聚乙烯、羟基磷灰石和钛金属等不可吸收材料^[3]。临床上应用较多的是高密度多

孔聚乙烯材料,由于它具有纤维血管易长入、抗感染、高强度、耐压、抗疲劳、不吸收、不变性、无软组织反应及生物相容性好等优点,被广泛地应用于眼眶和颅颌重建手术中^[4]。近年来随着眼眶骨折修复手术的发展,如何做好术前规划防止手术并发症的发生,如何准确确定适宜大小的高密度多孔聚乙烯材料,如何缩短年轻眼眶外科手术医师培训周期,都已成为眼眶爆裂性骨折修复手术研究中关注的热点。本研究应用3D打印技术制作3D眼眶爆裂性骨折模型以及软件设计的外科种植体来模拟患者眼眶解剖结构和眼眶骨折手术修复过程,探讨3D打印技术在眼眶骨折修复手术临床和教学研究中的应用价值。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选取2016年11月至2017年2月在山东文登整骨医院眼科确诊的10例(10眼)眼眶下壁爆裂性骨折患者,其中男5例(5眼),女5例(5眼);年龄为32~56岁,平均41.2岁。全部入选患者均为钝器或拳击伤所致的左眼眶下壁爆裂性骨折。病程为伤后20 d~3个月,平均1.3个月。全部患者根据性别分为两组,男性组5人(5眼),女性组5人(5眼)。研究设备:CT扫描仪(美国GE公司Prospect F II 双排螺旋CT机);检查条件:层厚/层距2 mm,准直器8.00 mm×1.25 mm,螺距0.75 mm,管电压120 kV,管电流160 mA,图像视野:200 mm,速度:0.75 s/360°,矩阵512×512。3D打印机(美国3D Systems公司,Object 500)最小打印厚度为0.03 mm。打印材料为聚氨酯树脂。三维重建软件为Mimics V 15.0软件(比利时Materialise公司),软件由医师自学操作。

1.2 CT扫描采集数据和3D打印眼眶骨折模型的建立 每例患者均签署知情同意后常规进行眼眶CT扫描检查,横轴位扫描:患者仰卧,双眼放松、轻闭。以下眶耳线为基线,无间隔快速扫描,扫描范围包括眶上、下缘外10 mm,扫描30层。冠状位扫描:患者仰卧,头部居中、后仰,以十字光束为准,矢状面与床面垂直,调节扫描架使扫描线与下眶耳线垂直。从颧额突连线前4 mm处开始扫描,连续至眶尖部,扫描28层。将CT扫描检查得到的DICOM格式数据导入Mimics V 15.0软件进行患者眼眶三维重建(图1)。研究人员利用Mimics软件在制作好的眼眶三维图像中设计出适宜植入患者眼眶下壁的模拟高分子多孔聚乙烯材料的外科种植体(图1中粉红色部分)。

1.3 3D打印眼眶骨折模型 调试好3D打印机准备打印。将眼眶三维重建模型的STL格式数据导入3D打印机中,3D打印机利用聚氨酯树脂材料进行快速一体打印。

1.4 验证3D打印眼眶骨折模型精确度和模拟骨折修复手术操作 利用Mimics软件自带的测量工具分别测量两组患者眼眶CT图像眶宽(眶内缘点与眶外

缘点之间的距离)、眶高(眶上缘点与眶下缘点之间的距离)、眶内距(两眶内缘点之间的距离)、眶外距(两眶外缘点之间的距离)、眶深(眶内、外缘点连线的中点到视神经孔外缘的距离)、眶内壁长(眶内缘点到视神经孔内缘的距离)、眶外壁长(眶外缘点到视神经孔外缘的距离)、眶上壁长(眶上缘点到视神经孔上缘的距离)、眶下壁长(眶下缘点到视神经孔下缘的距离;图2)。利用直尺和20分度游标卡尺分别测量两组3D打印的眼眶爆裂性骨折模型对应的骨性径线数据。比较两者之间的误差值,计算出平均误差值。比较眼眶CT检查图像、Mimics软件三维重建图像和3D打印眼眶爆裂性骨折模型的骨性标记、解剖细节,判读3D打印模型的仿真程度。由高年资眼眶外科医师利用3D打印的眼眶爆裂性骨折模型和软件设计并打印出的模拟高分子多孔聚乙烯材料的外科种植体演示手术过程,进行操作示范。

图1 利用Mimics软件处理获得3D眼眶图像,并设计外科种植体(粉红色部分)

图2 利用Mimics软件自带的测量工具测量患者眼眶CT图像的眶下壁长

1.5 统计学方法 使用 SPSS 19.0 统计软件进行数据分析。3D 打印眼眶爆裂性骨折模型眶骨径线测量值与眼眶 CT 测量的径线数值分别进行配对 *t* 检验, *P* < 0.05 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 3D 打印的眼眶爆裂性骨折模型和外科种植体模型 利用 Mimics 软件将患者眼眶 CT 检查数据转换获得的 DICOM 格式数据进行分组、提取后传输到数据处理工作站,并通过软件生成 3D 文件格式进行三维重建,生成的患者眼眶三维数字模型 STL 文件通过软件转化传输到 3D 打印机,3D 打印机连续打印出等比例的眼眶爆裂性骨折模型(图 3)。利用 Mimics 软件在制作好的眼眶三维重建图像中设计出适宜大小的外科种植体模型,通过软件转化传输到 3D 打印机并连续打印出模拟多孔聚乙烯外科种植体材料模型(图 4)。

图3 3D 打印制作出的眼眶骨折患者眼眶模型

2.2 利用 3D 打印眼眶爆裂性骨折模型进行术前规划、模拟手术操作和教学培训 3D 打印的眼眶爆裂性骨折模型准确清楚地反映了患者眼眶解剖结构和骨折范围。医师可以根据直观的眼眶爆裂性骨折模型制定手术计划,并通过模拟操作验证 3D 打印的外科种植体模型的准确性。不同性别的两组患者眼眶

图4 3D 打印机连续打印出的模拟多孔聚乙烯外科种植体模型

CT 检查骨性径线测量值和两组 3D 打印的眼眶爆裂性骨折模型对应的骨性径线测量值见表 1 和表 2,由表 1 和表 2 可见:5 例男性患者眶宽的平均差值为 0.018 mm,眶高的平均差值为 0.018 mm,眶内距的平均差值为 0.018 mm,眶外距的平均差值为 0.018 mm,眶深的平均差值为 0.016 mm,眶内壁长的平均差值为 0.168 mm,眶外壁长的平均差值为 0.01 mm,眶上壁长的平均差值为 0.004 mm,眶下壁长的平均差值为 -0.034 mm;3D 打印的男性患者眼眶爆裂性骨折模型大小与患者眼眶大小差异均无统计学意义(均为 *P* > 0.05)。5 例女性患者眶宽的平均差值为 -0.022 mm,眶高的平均差值为 -0.004 mm,眶内距的平均差值为 0.218 mm,眶外距的平均差值为 0.01 mm,眶深的平均差值为 0.032 mm,眶内壁长的平均差值 0.022 mm,眶外壁长的平均差值为 -0.004 mm,眶上壁长的平均差值为 0.022 mm,眶下壁长的平均差值为 0.034 mm;3D 打印的女性患者眼眶爆裂性骨折模型大小与患者眼眶大小差异均无统计学意义(均为 *P* > 0.05)。高年资眼眶外科医师在模拟手术室手术环境下向住院医师示范眼眶骨折修复手术操作,3D 打印的眼眶爆裂性骨折模型可成功用于模拟手术操作和教学示范。

表1 男性眼眶骨折患者的3D 打印模型与患者眼眶 CT 测量值对比 (L/mm)

指标	病例1	病例2	病例3	病例4	病例5	<i>t</i> 值	<i>P</i> 值
患者眶宽	36.64	36.48	36.97	37.16	37.15	0.089	>0.05
眼眶模型眶宽	36.61	36.44	36.91	37.17	37.18		
患者眶高	36.51	36.57	36.89	37.13	38.09	0.045	>0.05
眼眶模型眶高	36.48	36.59	36.84	37.16	38.03		
患者眶内距	21.67	21.88	22.43	23.26	23.74	0.032	>0.05
眼眶模型眶内距	21.64	21.90	22.41	23.21	23.73		
患者眶外距	95.68	96.59	97.82	98.54	99.49	0.019	>0.05
眼眶模型眶外距	95.65	96.64	97.78	98.52	99.44		
患者眶深	42.97	43.87	44.69	45.11	45.61	0.024	>0.05
眼眶模型眶深	42.94	43.85	44.64	45.12	45.62		
患者眼眶内壁长	38.87	39.91	40.83	41.41	42.20	0.189	>0.05
眼眶模型眶内壁长	38.92	38.89	40.89	41.44	42.24		
患者眼眶外壁长	46.89	46.97	47.21	48.25	49.07	0.017	>0.05
眼眶模型外壁长	46.85	46.98	47.22	48.23	49.06		
患者眼眶上壁长	45.86	46.29	46.88	47.32	47.27	0.010	>0.05
眼眶模型上壁长	45.88	46.31	46.86	47.33	47.22		
患者眼眶下壁长	48.76	48.84	49.42	50.12	50.55	-0.068	>0.05
眼眶模型眶下壁长	48.79	48.88	49.46	50.14	50.59		

表2 女性眼眶骨折患者的3D打印模型与患者眼眶CT测量值对比

(L/mm)

指标	病例1	病例2	病例3	病例4	病例5	t 值	P 值
患者眶宽	36.46	35.87	36.11	35.98	36.23	-0.147	>0.05
眼眶模型眶宽	36.49	35.84	36.14	36.03	36.26		
患者眶高	36.54	36.58	36.37	36.11	36.28	-0.034	>0.05
眼眶模型眶高	36.57	36.54	36.32	36.15	36.32		
患者眶内距	21.35	20.97	21.22	20.78	21.85	0.868	>0.05
眼眶模型眶内距	21.31	20.96	21.26	20.72	21.83		
患者眶外距	95.57	95.37	96.51	95.66	97.12	0.021	>0.05
眼眶模型眶外距	95.55	95.41	96.49	95.69	97.13		
患者眶深	41.86	41.29	40.82	41.31	41.51	0.127	>0.05
眼眶模型眶深	41.89	41.24	40.74	41.28	41.48		
患者眼眶内壁长	38.29	37.71	38.87	39.04	38.88	0.062	>0.05
眼眶模型眼眶内壁长	38.24	37.69	38.83	39.06	38.86		
患者眼眶外壁长	46.78	46.41	46.67	47.21	46.58	-0.021	>0.05
眼眶模型眼眶外壁长	46.74	46.42	46.64	47.25	46.62		
患者眼眶上壁长	45.71	45.58	45.49	46.03	45.93	0.146	>0.05
眼眶模型眼眶上壁长	45.74	45.53	45.44	46.05	45.87		
患者眼眶下壁长	48.61	48.53	48.67	48.41	48.86	0.319	>0.05
眼眶模型眼眶下壁长	48.64	48.51	48.58	48.36	48.82		

3 讨论

3D 打印技术自问世以来,给制造业带来了革命性的变革,受到了全社会的广泛关注。3D 打印技术,又称增材制造技术,是在计算机辅助设计下,通过3D 打印机将材料分层打印出来,然后叠加形成完整三维物体的一种累积制造技术^[5]。随着这项技术的发展,其在多个医学领域展现出了广阔的应用前景。3D 打印技术最早在骨科和脊柱外科开始应用。2011 年,BAGARIA 等^[6]报道了3D 打印技术在骨科领域的新应用,研究者通过3D 打印技术制作了髌臼、跟骨和股骨内踝(Hoffa 骨折)模型,利用这种模型手术医师可以在术前充分了解骨骼解剖结构,在术前进行充分的模拟操作,明确钢板和螺钉的位置尺寸,对骨折实现解剖复位。这必将大大缩短手术时间,减少术中麻醉剂用量,减少术中出血量,提高手术精确度。在上颈椎部进行椎弓根钉固定治疗是一个高难度、高风险的过程,螺钉很难精确迅速地进行安放,安放不当可能会造成严重的脊髓或椎动脉损伤。GUO 等^[7]为上颈椎椎弓根钉固定手术设计了一种个体化的3D 打印导航模板。通过对照研究发现利用这种模板大大缩短了安装每个螺钉的操作时间,利用3D 打印的导航模板进行操作安全高效,大大提高了手术成功率。CHAE 等^[8]在对目前3D 打印技术应用于整形外科手术的现状进行总结时,敏锐地发现并指出目前制约着3D 打印材料大范围应用于临床手术治疗的限制条件仍然是其经济成本问题。经济因素制约了临床医学与制造业的合作研发,因此有必要设计研发廉价且优质的3D 打印材料以供临床研究和手术治疗的需要。

由于眼眶解剖复杂、空间狭小、内有眼球和视神经等重要组织结构、眼眶手术时眶深部暴露困难、眼

眶骨折后正常解剖位点难以辨认等原因使得眼眶骨折修复手术难度大、风险高、并发症多。目前它是颅颌面外科领域中最复杂和危险的手术之一。眼眶骨折修复手术中并发症较多,主要有眼心反射、视力损伤和视力丧失、眼外肌损伤、大量出血、眶下神经损伤、面神经损伤及泪道引流系统损伤等^[9]。3D 打印技术在多学科的应用和经验积累使得其在眼眶复杂整形修复手术的术前规划和手术教学中的应用成为可能,这必将大大降低眼眶骨折修复手术并发症发生的风险。国外研究者SCAWN 等^[10]利用3D 打印技术制作了一种廉价且可定制的眼眶模型,该模型可以用于眼眶手术教学以及眼眶手术医师的术前模拟操作。CALLAHAN 等^[11]报道了3D 打印技术制作预成型多孔聚乙烯种植体和预成型钛网应用于5 例因眼眶肿瘤或眶骨骨折导致眶骨缺失的复杂Ⅱ期眼眶修复手术,所有患者都取得了良好的修复效果,证明这是一种廉价且适用于多种复杂眼眶整复手术的新技术。HERFORD 等^[12]也报道了利用3D 打印技术设计制作复杂眼眶骨折模型和外科种植体材料应用于1 例眼眶外伤患者的Ⅱ期整复手术,并用3D 打印模型提前进行了术前虚拟手术设计规划。术后眼眶CT 检查证明该眼眶外伤患者获得了完整的眼眶和上颌窦重建,取得了良好的手术效果。目前国内有关这方面的研究尚少,3D 打印眼眶爆裂性骨折模型尚在探索阶段,对3D 打印眼眶爆裂性骨折模型与眼眶CT 扫描数据的比较研究更为少见。

3D 打印眼眶爆裂性骨折模型为眼眶外科精准医疗提供了可能。精准医疗是基于现代最新医学科学研究手段,实施更为广泛、更为精确数据指导下的个体化医疗,它是传统个体化医疗的全面提升和发展^[13]。通过本组病例研究证明,我们所制作的3D 打印眼眶爆裂性骨折模型能够非常真实地还原患者

体内眼眶骨折程度,眼眶外科医师可以在术前利用打印好的患者眼眶模型了解眼眶解剖细节,选择最佳的手术入路、适宜大小的多孔聚乙烯外科种植体材料,甚至能够在术前模拟手术操作过程。这项技术充分展现了计算机辅助设计、快速成型技术等现代技术的价值,较之以往手术医师仅凭术前影像学检查结果、术中所见和临床经验来判断如何裁剪、塑形外科植入物的传统方法,能够提高眼眶骨折整复手术精度^[14]。在术前向患者告知病情时,手术医师可以更全面、直观地向患者及家属展示眼眶骨折程度,讲解手术详情,使患者充分了解手术风险和可能的并发症。从而促进医患关系的提升。手术医师可以在手术时摆好患者体位,参照打印好的眼眶爆裂性骨折模型进行操作,从而完全替代传统眼眶骨折修复手术中参照眼眶CT进行手术的过程。由于手术医师能够预先较好地完成手术设计,手术过程中又对解剖结构和需要进行植入的外科植入材料形状有充分的预先判断,必将大大缩短手术时间。因此,3D打印技术在眼眶骨折修复手术方面具有良好的应用前景,必将为这类眼眶外科手术带了质的变革。

参考文献

- [1] 王毅,肖利华. 眼眶内壁爆裂性骨折的手术修复[J]. 中华眼科杂志,2012,48(8):688-695.
WANG Y, XIAO LH. Reconstruction of blowout fractures of medial orbital walls[J]. *Chin J Ophthalmol*, 2012, 48(8): 688-695.
- [2] KIM KS, KIM ES, HWANG JH. Combined transcutaneous transethmoidal/transorbital approach for the treatment of medial orbital blowout fractures[J]. *Plast Reconstr Surg*, 2006, 117(6):1947-1955.
- [3] 毕晓萍,范先群,施沃栋,周慧芳,林明,李政康. 三维眶底重建钛网在复合性眼眶骨折中的应用[J]. 中华眼科杂志,2011,47(8):683-687.
BI XP, FAN XQ, SHI WD, ZHOU HF, LIN M, LI ZK. Three-dimensionally preformed titanium mesh plates for posttraumatic complex orbital bone fracture reconstruction[J]. *Chin J Ophthalmol*, 2011, 47(8): 683-687.
- [4] 范先群,李瑾,刘海燕,徐乃江. 高密度多孔聚乙烯片在眼眶爆裂性骨折晚期整复中的应用[J]. 中华眼科杂志,2003,39(9):516-519.
FAN XQ, LI J, LIU HY, XU NJ. Using porous polyethylene sheets in late surgical intervention for orbital blowout fractures[J]. *Chin J Ophthalmol*, 2003, 39(9): 516-519.
- [5] RANDAZZO M, PISAPIA JM, SINGH N, THAWANI JP. 3D printing in neurosurgery: A systematic review[J]. *Surg Neurol Int*, 2016, 7(Suppl 33):S801-809.
- [6] BAGARIA V, DESHPANDE S, RASALKAR DD, KUTHE A, PAUNIPAGAR BK. Use of rapid prototyping and three-dimensional reconstruction modeling in the management of complex fractures[J]. *Eur J Radiol*, 2011, 80(3):814-820.
- [7] GUO F, DAI J, ZHANG J, MA Y, ZHU G, SHEN J, et al. Individualized 3D printing navigation template for pedicle screw fixation in upper cervical spine[J]. *PLoS One*, 2017, 12(2): e0171509.
- [8] CHAE MP, ROZEN WM, MCMENAMIN PG, FINDLAY MW, SPYCHAL RT, HUNTER-SMITH DJ. Emerging applications of bedside 3D printing in plastic surgery[J]. *Front Surg*, 2015, 16(2):25.
- [9] 范先群. 重视眼眶骨折整复手术的并发症及其处理[J]. 中华口腔医学杂志,2011,46(8):463-466.
FAN XQ. Attaches great importance to the reconstructive surgery complications of orbital fracture and its processing[J]. *Chin J Stomatol*, 2011, 46(8): 463-466.
- [10] SCAWN RL, FOSTER A, LEE BW, KIKKAWA DO, KORN BS. Customised 3D printing: an innovative training tool for the next generation of orbital surgeons[J]. *Orbit*, 2015, 34(4): 216-219.
- [11] CALLAHAN AB, CAMPBELL AA, PETRIS C, KAZIM M. Low-cost 3D printing orbital implant templates in secondary orbital reconstructions[J]. *Ophthalmol Plast Reconstr Surg*, 2017, [Epub ahead of print].
- [12] HERFORD AS, MILLER M, LAURITANO F, CERVINO G, SIGNORINO F, MAIORANA C. The use of virtual surgical planning and navigation in the treatment of orbital trauma[J]. *Chin J Traumatol*, 2017, 20(1):9-13.
- [13] 孙晓东,朱鸿. 重视精准医疗在眼科临床实践中的应用[J]. 中华眼科杂志,2016,52(2):85-88.
SUN XD, ZHU H. Emphasis on the application of precision medicine in ophthalmology[J]. *Chin J Ophthalmol*, 2016, 52(2): 85-88.
- [14] 潘雪,高敏,郭继虎,王育红,肖扬,刘林. 实体眼眶模型及个性化三维预成型钛网在眶区骨折重建中的应用[J]. 中华眼外伤职业眼病杂志,2012,34(5):329-333.
PAN X, GAO M, GUO JH, WANG YH, XIAO Y, LIU L. Clinical application of solid physical orbital models and 3-dimension pre-benttitanium implants for orbital fractures[J]. *Chin J Ocular Trauma Occupat Eye Disease*, 2012, 34(5): 329-333.