

应用 MIMICS 制作个体化预成型钛网修复眶下壁骨折的临床研究

陈明,王梦,柴广睿,刘璐,李鹤明,张鹤

作者单位:(110004)中国辽宁省沈阳市,中国医科大学附属盛京医院眼科

作者简介:陈明,男,博士,副教授,副主任医师,硕士研究生导师,研究方向:眼外伤、眼眶病、眼整形。

通讯作者:陈明.66cm@sina.com

收稿日期:2013-06-28 修回日期:2013-09-12

Clinical application of individually preformed titanium mesh rapidly designed by MIMICS for orbital floor fractures

Ming Chen, Meng Wang, Guang-Rui Chai, Lu Liu, He-Ming Li, He Zhang

Department of Ophthalmology, Shengjing Hospital of China Medical University, Shenyang 110004, Liaoning Province, China

Correspondence to: Ming Chen. Department of Ophthalmology, Shengjing Hospital of China Medical University, Shenyang 110004, Liaoning Province, China. 66cm@sina.com

Received:2013-06-28 Accepted:2013-09-12

Abstract

• **AIM:** To present a method of repairing orbital floor fractures using pre-shaped titanium mesh implants that were formed on templates designed on the basis of computed tomography images by MIMICS.

• **METHODS:** Ten patients with simple unilateral inferior orbital wall fracture were included in this study. All patients underwent transconjunctival repair of isolated orbital floor fractures. First, 3D virtual models and then 2D models with fracture areas were created on the basis of computed tomography images using MIMICS software. These 2D models were printed on the papers in real size and then sterilized as templates to shape the titanium mesh and which were then used in the reconstruction of orbital floor defects. Within 3 days after surgery, the orbits were then scanned by spiral CT to evaluate the reconstruction accuracy of preformed titanium mesh implants.

• **RESULTS:** CT scans reveal that the preformed titanium mesh implants had great accuracy to reconstruct the orbital floor defects in all patients. Significant improvement resulted in 1 case with respect to diplopia and enophthalmos and total recovery in 9 cases.

• **CONCLUSION:** It is clinically viable to build templates by MIMICS, on the basis of CT studies, that can be used to shape the titanium mesh in the repair of orbital floor fractures.

• **KEYWORDS:** orbital fractures; orbital implants; computer models; computed tomography; MIMICS; preformed titanium mesh

Citation: Chen M, Wang M, Chai GR, *et al.* Clinical application of individually preformed titanium mesh rapidly designed by MIMICS for orbital floor fractures. *Guoji Yanke Zazhi(Int Eye Sci)* 2013;13(10):2127-2131

摘要

目的:探索应用 Mimics 软件快速制作个体化预成型钛网修复眶下壁骨折的临床效果和临床可行性。

方法:本研究共包括 10 例单侧单纯性眶下壁骨折患者。均采用经下睑结膜切口修复眶下壁骨折。首先应用 MIMICS 软件重建患者眼眶的三维模型,然后将该 3D 模型在眶下壁上方平行切割,形成内含眶下壁缺损形态的 2D 模型,将该模型 1:1 打印输出到纸张上,于术中消毒后作为模板。根据该模板塑型和修剪钛网,使个体化成型的钛网与眼眶缺损形态完全吻合,然后植入眶内。所有患者均于术后 3d 内复查眼眶三维 CT,观察植入钛网的位置和形态,以此来评估该方法的临床可行性。

结果:CT 复查表明,全部患者的预成型钛网均达到精确重建眶下壁骨折缺损的目的。9 例患者复视和眼球内陷得以治愈,1 例患者内陷治愈残留下转复视。

结论:应用 Mimics 软件快速制作个体化预成型钛网可以精确修复眶下壁骨折,该技术可以应用于临床。

关键词:眼眶骨折;眶内植入物;计算机模型;CT;MIMICS;预成型钛网

DOI:10.3980/j.issn.1672-5123.2013.10.60

引用:陈明,王梦,柴广睿,等.应用 MIMICS 制作个体化预成型钛网修复眶下壁骨折的临床研究.国际眼科杂志 2013;13(10):2127-2131

0 引言

眶下壁骨折的绝大部分发生于眶下沟和眶下管的内侧。这种骨性结构的损伤导致眼眶径线的改变,进而引起眶内容位置和功能的变化,从而产生严重的并发症,例如复视、眼球内陷和视力障碍等。为防止此类并发症的发生,则必须修复眼眶骨折,达到解剖复位,并恢复眶内容的原有解剖位置。为达此目的,目前可以采用各种手术入路(结膜入路、经皮肤睫毛下入路、经皮肤睑板下缘入路等)和多种修复材料(自体骨、异体骨、羟基磷灰石材料、钛金属和可吸收材料等)。关于眶下壁骨折修复的主题,许多作者已经发表了无数的研究,展示了不同的修复方法。尽管如此,此类损伤的修复仍然存在诸多问题,仍然是最复杂和最具重建挑战性的眼眶骨折的一部分。

表1 患者基本资料和术后疗效

| 病例 | 性别 | 眼别 | 年龄(岁) | 致伤原因 | 复视 | 眼球内陷(mm) | 术后手术天数(d) | 术后复视(2wk时) | 术后眼球内陷 |
|----|----|----|-------|------|-----|----------|-----------|------------|--------|
| 1 | 女 | 左眼 | 48 | 车祸 | 上转 | 无 | 13 | 无 | 无 |
| 2 | 男 | 左眼 | 43 | 打伤 | 上下转 | 无 | 18 | 无 | 无 |
| 3 | 男 | 左眼 | 45 | 打伤 | 上转 | 1 | 12 | 无 | 无 |
| 4 | 男 | 右眼 | 37 | 打伤 | 上转 | 无 | 16 | 无 | 无 |
| 5 | 男 | 左眼 | 32 | 打伤 | 下转 | 无 | 16 | 下转 | 无 |
| 6 | 男 | 左眼 | 33 | 打伤 | 上转 | 2 | 15 | 无 | 无 |
| 7 | 男 | 左眼 | 53 | 撞伤 | 上转 | 2 | 20 | 无 | 无 |
| 8 | 男 | 右眼 | 37 | 工伤 | 上转 | 3 | 41 | 无 | 无 |
| 9 | 男 | 右眼 | 26 | 打伤 | 上下转 | 2 | 12 | 无 | 无 |
| 10 | 女 | 左眼 | 29 | 车祸 | 无 | 3 | 16 | 无 | 无 |

理想的眶下壁骨折修复必须具备两个条件:(1)在无继发创伤的前提下彻底暴露骨折的四个边缘,并完整还纳疝入上颌窦的眶内容组织入眼眶;(2)采用理想的修复材料对眶下壁骨折区域进行真实还原。但达到第二个条件则颇具挑战性。尽管修复眶下壁骨折可以采取不同的手术入路,但无论何种手术入路手术野仍然很狭窄,因此所观察到的骨折区域是从眶缘向眶尖呈现,无法观察到骨折区域的平面形态,在术者脑海中无法形成一个精确的骨折形状以便修剪钛网;狭小的手术空间使得在眶内尝试放入和对齐植入物的过程相当费时费力,由于对骨折形态无法精确把握也导致该过程经常重复,并对植入物反复修剪,这种过程通常会增加手术风险,并加重术后水肿,该过程因术者的经验不同也存在着显著差异;同时,眶下壁复杂的解剖结构也使在术中塑型和修剪钛网的过程非常困难,在无任何辅助工具的前提下想达到真实还原眶下壁的3D形态几乎不可能。

本研究尝试采用一种新方法制作个体化预成型钛网来修复眶下壁骨折。该研究应用 MIMICS 软件重建患者眶下壁骨折的二维缺损模型,将该模型 1:1 打印输出到纸张上,于术中消毒后作为模板,根据该模板塑型和修剪钛网,使个体化成型的钛网与眼眶缺损形态完全吻合,然后植入钛网。术后三维 CT 复查,观察植入钛网的形态,以此来评估该方法的临床可行性。

1 对象和方法

1.1 对象 选择 2012-12/2013-06 单纯性眶下壁骨折患者共 10 例 10 眼,男 8 例,女 2 例,年龄 26~53(平均 38)岁。右眼 3 例,左眼 7 例。车祸伤 2 例,袭击伤 6 例,工伤 1 例,意外伤 1 例。手术时间为伤后 12~41(平均 18)d,其中 7 例手术时间为伤后 12~16d。患者的一般资料包含年龄、性别、外伤原因、外伤程度、有无复视和眼球内陷,以及是否存在伴随的眼部损伤。手术资料包含手术日期、手术入路、植入材料和随访时间等。术后资料包含复视状况、眼球内陷程度、眼睑退缩、眼睑异位、结膜愈合不良,以及植入物暴露、感染或移位等(表 1)。

1.2 方法

1.2.1 CT 扫描方式 所有患者均于术前采用 SIEMENS Sensation 64 螺旋 CT 进行眼眶扫描,层厚 1.00mm,像素矩阵 512×512,工作电压 120kV,电流 225mA,窗宽 2000 HU,窗位 400 HU。

1.2.2 CT 数据处理和虚拟模型建立 以第 2 例患者为例

详述个体化预成型钛网的制作和植入过程。如无特殊注明,则所有图片均为此患者。该患者术前表现为眼球上转、下转运动受限和复视,无明显眼球内陷(图 1)。将该患者 CT 扫描的原始 DICOM 数据导入医学专业软件 MIMICS 10.01 (Materialise, Belgium) 中,导入的方法为在主菜单中选择 File,在其下选择 Import Images,导入数据后,软件会自动显示患者的冠状位、轴位和矢状位图像。随后按如下步骤处理:(1)在主菜单中选择 Segmentation,在其下选择 Thresholding,保持缺省值不变,选择 Apply,此时骨骼区域为绿色显示;(2)在主菜单中选择 Segmentation,在其下选择 Region Growing,然后使用鼠标点选眼眶骨骼的绿色区域,此时骨骼显示为黄色,随后点击 Close;(3)在主菜单中选择 Segmentation,在其下选择 Calculate 3D,维持缺省值不变,点击 Calculate,等待几分钟后,软件生成 3D 虚拟模型(图 2)。

1.2.3 个体化预成型钛网模板的制作 继续应用该软件对此 3D 虚拟模型进行水平切割,切割平面位于眶下壁平面的略上方,然后将该平面旋转,使旋转后平面可见完整的鼻泪管管径和鼻泪管的垂直走行方向,此时的眶下壁骨折平面与鼻泪管走行方向垂直,此平面上的骨折缺损形态几乎不会发生畸变,可以实现对骨折区域的真实还原,由此设计完成眶下壁的 2D 虚拟模型,同时在此模型上标记出眶下壁骨折最远点与眶缘的距离(图 3)。应用 Hypersnap 6.2 软件将此 2D 虚拟模型进行截屏,保存为 JPG 图像文件。应用 Windows 自带画图软件打开此图像文件,用画笔标记出骨折的边缘,必要时可以添加各种标注。然后,按照 1:1 的打印比例将处理后的图像打印到 A4 纸张上,形成模板。建议打印多张以备裁剪和测量(图 4)。将打印的纸张使用纱布包裹,快速消毒后术中备用。

1.2.4 手术过程 所有患者手术均由同一医生主持完成,均采用经下睑结膜入路修复眶下壁^[1],均加以外眦切开术和外眦松解术以充分暴露手术野。全部患者均植入个体化预成型钛网,使用钛钉将钛网固定于眶下缘。均在全身麻醉下进行。手术开始前行牵拉试验,以评估眶下壁骨折中眶内容的嵌顿状况。经结膜入路分离到眶下缘骨膜后,在眶下缘外侧 2mm 处使用针形电刀头切开骨膜。使用骨膜剥离离子自眶下缘处向眶内分离骨膜,然后双手交替应用骨膜剥离离子和脑压板分离眶底骨膜。术中充分暴露眶下壁骨折区,显露出骨折的四个边缘。将所有嵌顿在上颌窦内的眶内软组织进行充分松解并还纳回眶内。使用吸引



图1 术前左眼上转和下转受限,其余方向运动正常,无明显眼球内陷。



图2 导入 DICOM 数据后,显示患者的冠状位、轴位和矢状位图像,可见明显的眶下壁骨折;经过三个步骤处理后,软件生成 3D 虚拟模型。

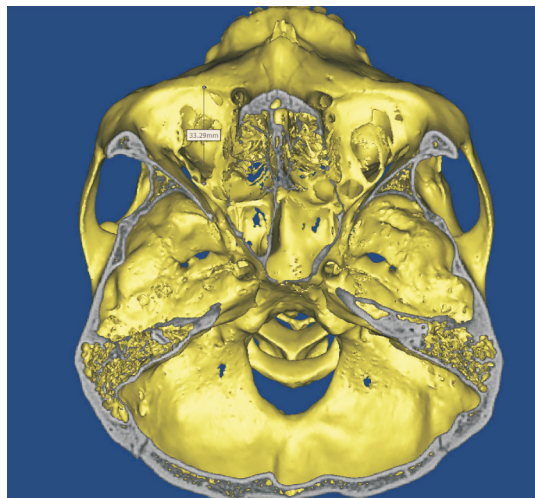


图3 继续应用该软件对此 3D 虚拟模型进行水平切割,然后将该平面旋转,由此设计完成眶下壁的 2D 虚拟模型,同时在此模型上标记出眶下壁骨折最远点与眶缘的距离。

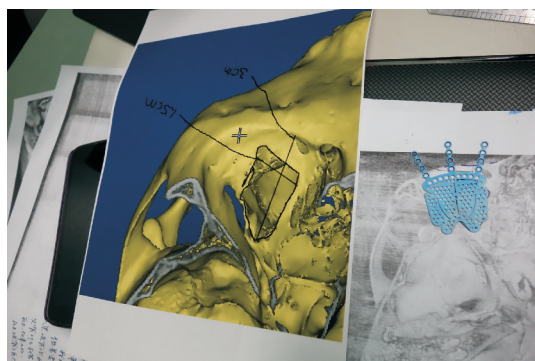


图4 按照 1:1 的打印比例将处理后的图像打印到 A4 纸张上,形成模板;建议打印多张以备裁剪和测量。

器测量骨折后缘的最远点与眶缘之间的距离,以检验术前测量的准确性。观察骨折区形态、术中测量眶深后,如果与软件设计的模板测量值相符,则可以修剪钛网。本组全部患者选用 Medicon 0.4mm 厚的眶底钛网,此型钛网有两种型号(图 4,5),由手术医生在术中根据模板的缺损形状和面积选择钛网型号进行修剪。使修剪后的钛网可以准确覆盖模板中眶下壁缺损的范围。然后参照患者的 CT 矢状位眶下壁形态对钛网进行适当弯折。这样钛网就可以与眶下壁骨折的内侧缘、外侧缘和后缘准确对接。然后仔细修剪钛网以避开鼻泪管眶内开口。如此,个体化预成型钛网制作完成,准备植入(图 5)。充分暴露骨折区域后,植入预成型钛网。植入钛网后,将钛网向眼球方向掀起,观察缺损覆盖状况,保证缺损处无眶内软组织嵌顿,同时使钛网与骨折的边缘精确对合。向眶缘弯折钛网固定脚,使用钛钉将钛网固定于眶下缘。重复采用牵拉试验以便排除医源性嵌顿,牵拉试验正常后,再次检查植入物位置,确保在牵拉过程中未发生植入物移位。剪断牵拉缝线,对合眶缘处切开的骨膜,不缝合骨膜。使用 6-0 可吸收缝线缝合结膜切口,共 3 针。应用 5-0 可吸收缝线缝合外眦角。术眼涂布适量的抗生素眼膏。

1.2.5 术后随访 术后第 1d 早晨检查视力和眼球运动。手术当天和术后 2d 常规使用抗生素和激素静脉滴注。术后 5d 出院,嘱患者术后 1,2wk;1,2,3,6,12mo 复查,观察眼位、复视状况和眼球内陷程度。病情变化随时复诊。术后 3d 内行眼眶三维 CT 扫描检查眶内植入物位置和形态。

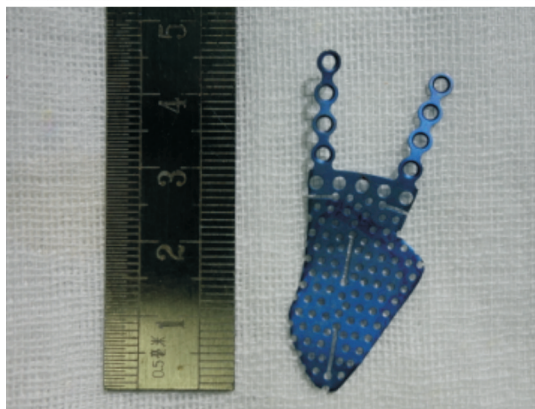


图5 由手术医生在术中根据模板的缺损形状和面积选择钛网型号进行修剪,使修剪后的钛网可以准确覆盖模板中眶下壁缺损的范围;然后仔细修剪钛网以避免鼻泪管眶内开口。

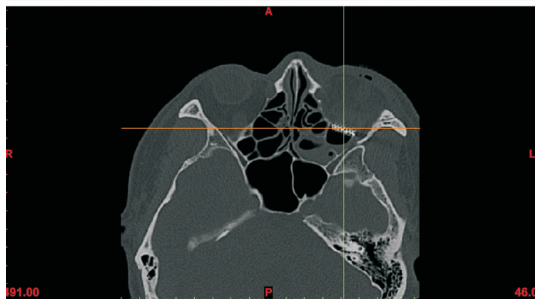
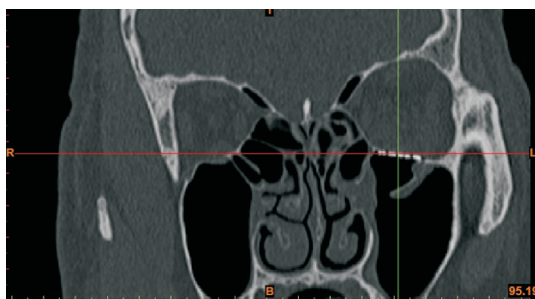


图6 将术后复查CT的DICOM数据导入MIMICS后,显示患者的冠状位、轴位和矢状位图像;可见眶下壁骨折得以精确修复。

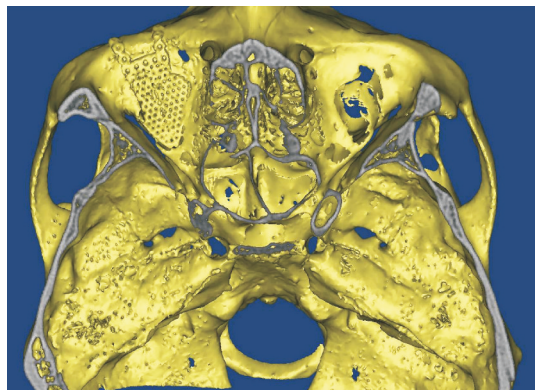


图7 应用术后CT的DICOM数据创建的2D虚拟模型,可见个体化预成型钛网与眶下壁骨折缺损边缘精确吻合。

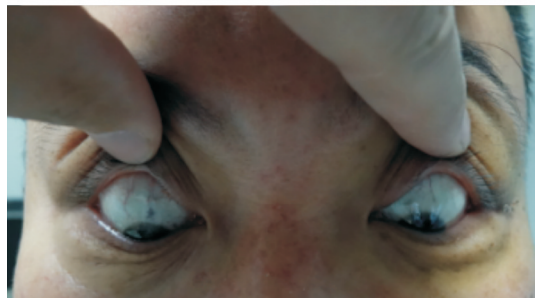
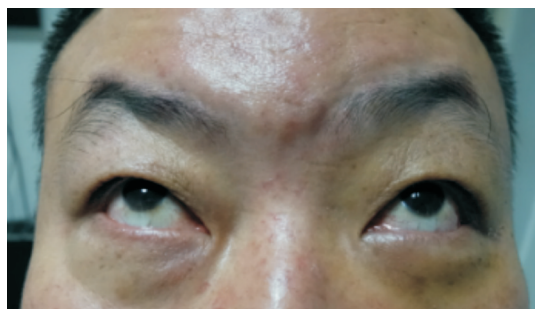


图8 术后2wk,左眼上下转运动恢复正常,无明显眼球内陷。

2 结果

将术后复查CT的DICOM数据导入MIMICS后,显示患者的冠状位、轴位和矢状位图像,可见眶下壁骨折得以精确修复(图6)。应用术后CT的DICOM数据创建的2D虚拟模型,可见个体化预成型钛网与眶下壁骨折缺损边缘精确吻合(图7)。该例患者术后2wk,左眼上下转运动恢复正常,无明显眼球内陷(图8)。

本组9例患者复视和眼球内陷得以治愈,1例患者内陷治愈残留下转复视(表1)。本组患者未出现下睑松弛或者睑外翻、眶内植入物的突出或移位。也未出现术后眼眶或植入物感染、眼眶手术的其他并发症。

3 讨论

目前有许多种眼眶骨折的修复材料,包括冻干硬脑膜、聚乙烯薄板、羟基磷灰石块、钛网、自体骨移植体和可吸收材料等。冻干硬脑膜具有弹性而无法经受住大面积骨性眼眶缺损的动应力。聚乙烯薄板和羟基磷灰石材料易于发生排斥和感染^[2]。自体骨移植体的缺点包括难于塑型和供体部位的缺损。可吸收材料易于产生异物反应,可能发生植入物暴露,而且植入物吸收后只遗留纤维结缔组织^[3]。尽管眼眶重建的理想材料仍然存在争论^[4],但是钛网已经长期用于大面积眼眶缺损的重建和眼球异位的矫正。钛网的优点是材料充足,良好的生物相容性,极薄

的厚度即可以提供足够的支撑,术中易于塑型和坚固固定;缺点为术中难于植入,因为其粗糙和不规则的边缘容易牵挂临近眶内软组织。基于钛网的优点,本组患者均选用该类植入物。

由于在诊断影像测量^[5]、手术入路、植入材料和医学软件领域的进展,快速成型技术更易于应用于医学临床^[6,7]。可以应用该技术制作患者的个体化眼眶实体模型,将该模型应用于术前设计,而且可以将该模型用作模板来制作眶内植入物。这种技术尤其适用于复杂的眼眶骨折。但该项技术要求具备昂贵的快速成型机,而目前国内绝大多数医院均无此设备。而制作眼眶实体模型外加运输时间通常需要耗费1wk以上的时间,同时患者需要支付较高的费用。

本研究采用折衷方案,既没有制作实体模型,同时又最大程度上保证精确修复。应用MIMICS软件快速制作了个体化预成型钛网,并将其应用在修复眶下壁骨折的临床研究中。本组患者虽然骨折形态各种各样,但临床效果令人满意。1例患者残留下转复视,该例残留复视的患者在术前检查时下转运动显著受限,在术中牵拉试验时无异常,考虑眶下壁骨折时造成下直肌损伤,导致下直肌不全麻痹。此类患者尽管骨折得以精确修复,下直肌功能也很难恢复。全部患者眼球内陷均得以矫正,因为预成型植入物具有更精确的真实还原的形态,可以保证所有的眶内容得到还纳。

同传统钛网植入术相比,预成型钛网可以提供更佳的精确性修复;可以直接对钛网进行一次性精确修剪;可以更加直观地了解眶下壁缺损的形态;显著缩短手术时间;显著减少钛网进入眼眶的尝试次数;而且不为患者增加任何费用。

3.1 该技术的适用范围 同任何技术一样,该技术也存在一定的适用范围。尤其适用于眶下沟和眶下管内侧的眶下壁骨折。对于骨折导致眶下壁完全缺损的病例,由于难于定位解剖标志,同时在矢状位上也无法完美呈现眶下壁的解剖形态,建议使用快速成型技术或术中导航^[8,9]。

3.2 该技术对临床医生的要求 无论计算机设计多么完美,预成型钛网仍然需要医生植入。因此,手术医生必需具有较丰富的眼眶骨折修复经验,必须在无继发创伤的前提下能够彻底暴露骨折的四个边缘,并完整还纳疝入上颌窦的眶内容组织入眼眶。通常术者通过手术例数的增多和手术经验的积累可以达到这一条件。

3.3 对眶下神经走行区域的处理 预成型钛网必须插入眶下束的上方、下直肌的下方,并固定于眶下缘来支撑眼眶结构。设计的钛网是否覆盖眶下神经走行区域需要具体病例具体分析。如果植入的钛网可能对眶下神经产生压迫,则在设计时剪掉此区域;如果眶下神经已经下移到上颌窦,则保留此区域;如果在该区域可能存在眶内容疝出,则也必须保留该区域钛网。

3.4 如何保证该技术的精确实现 可以在多个阶段保证该技术的完美实现。首先设计者必须仔细阅读CT的冠状位、轴位和矢状位图像,以便能够区分真正的眶底缺损与重建后形成的假缺损。软件生成的3D虚拟模型会包含无数的人为缺损假象,这种假象在CT研究中很常见,其实制作3D虚拟模型的前两步就是在努力减少人为缺损假象。设计者必须排除假象,对真实的骨折边缘做出精

确描记。同时在2D模型上标记出眶下壁骨折最远点与眶缘的距离,以便打印时确保尺寸正确。其次便是1:1打印的问题:由于计算机和打印机的分辨率存在差异,因此必须通过多次尝试方能完成1:1打印,一旦打印成功,则该参数便可以应用于该系统今后所有患者。建议每个病例打印多张模板,以备术中不时之需。然后必须进行术中测量,使用吸引器测量骨折后缘的最远点与眶缘之间的距离,以检验术前测量的准确性,如果两者测量结果相符,方可修剪钛网。

在部分病例的眼眶骨折修复过程中,由于眼眶骨折菲薄,术者可能发现真实的缺损面积与术前不符,此时术者必须根据个人经验并结合术前设计对钛网进行修剪。对于某些病例如果难以确定骨折面积是否改变,可以将取出的骨折片对合,与术前设计相对比以作参考。

对于单纯性眶下壁骨折而言,虽然完整的眶下壁的解剖结构并非是一个平面,但是眶下沟和眶下管内侧的骨折缺损的范围却往往位于一个近似平面。因此,在理论上,有可能先忽略眶下壁的三维形态,而采用其骨折缺损的二维平面形态来设计模板;然后通常需要根据每例患者的眶底矢状位不同形态和骨折部位,对预成型钛网进行不同程度的弯曲以达到真实还原的目的。这可以参考对侧正常眼眶下壁矢状位的形态来弯制。如果某些病例眶下壁形态复杂,也可以采用SYNTHES orbital plate预成型钛网进行修剪,该钛网已经预先制作出眶底的立体形态。

总之,应用MIMICS软件快速制作个体化预成型钛网可以精确修复眶下壁骨折,该技术可以应用于临床,值得绝大多数医院推广。

参考文献

- 1 陈明,柴广睿,苏志彩,等. 经结膜入路不缝合骨膜的眼眶骨折修复术疗效观察. 国际眼科杂志 2011; 11(12):2176-2180
- 2 Chuo JY, Dolman PJ, Ng TL, et al. Clinical and Histopathologic Review of 18 Explanted Porous Polyethylene Orbital Implants. *Ophthalmology* 2009;116(2):349-354
- 3 Kontio R, Suuronen R, Konttinen YT, et al. Orbital floor reconstruction with poly-L/D-lactide implants: clinical, radiological and immunohistochemical study in sheep. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2004; 33:361-368
- 4 Enislidis G. Treatment of Orbital Fractures; The Case for Treatment With Resorbable Materials. *J Oral Maxillofac Surg* 2004; 62(7): 869-872
- 5 Ploder O, Klug C, Voracek M, et al. A Computer-Based Method for Calculation of Orbital Floor Fractures From Coronal Computed Tomography Scans. *J Oral Maxillofac Surg* 2001;59:1437-1442
- 6 Kozakiewicz M, Elgalal M, Loba P, et al. Clinical application of 3D pre-bent titanium implants for orbital floor fractures. *J Cranio Maxillofac Surg* 2009;37:229-234
- 7 Bell RB, Markiewicz MR. Computer - Assisted Planning, Stereolithographic Modeling, and Intraoperative Navigation for Complex Orbital Reconstruction; A Descriptive Study in a Preliminary Cohort. *J Oral Maxillofac Surg* 2009;67(12):2559-2570
- 8 Schmelzeisen R, Gellrich NC, Schoen R, et al. Navigation - aided reconstruction of medial orbital wall and floor contour in cranio - maxillofacial reconstruction. *Int J Care Injured* 2004;35: 955-962
- 9 Yu HB, Shen GF, Wang XD, et al. Navigation-Guided Reduction and Orbital Floor Reconstruction in the Treatment of Zygomatic-Orbital-Maxillary Complex Fractures. *J Oral Maxillofac Surg* 2010; 68(1):28-34