

基于生物测量技术和 3D 打印技术的个性化义眼片制作

马颖洁, 吴文灿, 陈熙

【关键词】 结膜囊印膜; 生物测量; 3D 打印; 义眼片

doi:10.3969/j.issn.1671-0800.2024.11.015

【中图分类号】 R779.64 【文献标志码】 A 【文章编号】 1671-0800(2024)11-1456-03

眼内容物剜除或眼球摘除术是一种不可逆的破坏性手术,术后由于眼眶内缺乏填充物,眼窝明显凹陷,严重影响美观^[1]。因此需要同时或者二期植入义眼台进行眼窝填充,同时佩戴合适的义眼片可以极大的改善外观,降低由于眼内容物摘除带来的心理创伤。由于不同患者眼部结构、形态的不同,个性化义眼片的设计和制作显得尤为重要。目前临床上个性化义眼片制作仍多采用传统的结膜囊印膜技术及手工绘色的方法^[2],该方法可以完整复刻患眼结膜囊形态,以提供合适的义眼片后表面形态,但是在义眼片前表面形态(角膜直径、前表面曲率及瞳孔直径等)的精准性方面存在一定的缺陷,且过程复杂,费时较长,制作难度大,对制作者技术要求较高。近年来,已经有学者尝试将计算机反向工程测量术与 3D 打印技术结合并运用于个性化义眼片的设计与制作,但是受制于计算机反向工程技术测量的误差及 3D 彩色打印技术的不成熟^[3-4],其外仍然无法达到精确对称。本研究拟通过整合患眼结膜囊印膜、光学相关生物测量仪(IOL Master)和眼前节分析仪(Pentacam)测量的健眼前表面数据以及健眼眼前段数码影像,建立计算机辅助设计技术(CAD)模型,利用 3D 打印技术依据此 CAD 模型制作出精确的个性化义眼片,并初步应用于临床,现报道如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选取 2023 年 1 月至 2024 年 1 月在

温州医科大学附属眼视光医院眼整形专科因各种疾病进行眼内容物剜除并行义眼台植入术患者。纳入标准:(1)年龄 18 ~ 65 周岁;(2)无眼睑畸形;(3)结膜囊无炎症;(4)无系统性疾病患者;(5)能够配合检查者。所有患者安装义眼片时间均为义眼台植入术后 1 个月。本研究经温州医科大学附属眼视光医院医学伦理委员会批准,所有患者均同意参加本研究并签署书面知情同意书。

1.2 方法

1.2.1 结膜囊印膜制作 患者取坐位,平视正前方。将自制的带孔印膜塑性盘置入患眼的结膜囊内,用注射器抽取藻酸盐缓慢注入印膜塑性盘,避免气泡。待双眼上睑饱满度基本对称后停止注射。嘱患者闭眼,轻压眼睑后嘱患者转动眼球,待藻酸盐凝固后取出塑性盘。

1.2.2 瞳孔定位 将瞳距尺以鼻背部做为中央支点放置于双上睑上方,笔灯置于双眼中央处,嘱患者健眼注视笔灯。测量健眼的单眼瞳距并根据此瞳距在患眼的结膜囊印膜上标记瞳孔中央点。标记完毕后取出结膜囊印膜。

1.2.3 三维扫描 三维扫描仪对结膜囊印膜行三维扫描,获取印膜的三维模型。

1.2.4 IOL master 和 Pentacam 角膜地形图测量 IOL master 测量患者健眼的角膜直径、瞳孔直径, Pentacam 测量患者健眼的角膜前表面曲率。每项检查均由同一名操作者完成,每项检查重复 3 次,结果取平均值。

1.2.5 眼前段照相 眼前段照相拍摄患者健眼的眼表组织形态,拍摄时需拍摄各个眼位的照片,获取全部角膜及球结膜的影像资料。

基金项目: 温州市科技局项目(2021Y1564)

作者单位: 325000 浙江省温州,温州医科大学附属眼视光医院

通信作者: 陈熙, Email: chenxi1138@126.com

1.2.6 三维模型设计 将Pentacam角膜地形图测量的角膜前表面曲率作为义眼片的前表面的形态数据,结膜囊印膜的厚度和后表面形态作为义眼片的厚度数据和后表面形态数据,建立义眼片的三维模型。根据原结膜囊印膜上标记的瞳孔中心位置,以该瞳孔中心为圆心,IOL master测量的健眼角膜直径数据为直径的圆形区域确定为虹膜位置。移除该区域的弧形前表面,将健眼前段数码影像的虹膜部分贴图至该区域,形成虹膜纹理后将移除的弧形前表面复原。将健眼前段数码影像的结膜部分影像贴图至相应的结膜位置,形成最终的彩色的CAD模型,见图1。

1.2.7 义眼片3D打印 根据最终的彩色CAD模型,利用多材料喷射式3D打印机(珠海赛纳三维科技有限公司,型号:J400LUS)制作个性化义眼片,见图2。

1.3 观察指标 每位患者拍摄佩戴义眼片后的第一眼位数码照片,分别测量义眼与健眼的睑裂高度、眼球突出度、上睑缘角膜映光点(MRD1)和下睑缘角膜映光点(MRD2)。各项数据的测量均由同一名医生测量,反复测量3次取平均值。

1.4 统计方法 所有数据均使用SPSS 19.0软件进行分析。计量资料以均数±标准差表示,采用独立样本t检验。 $P < 0.05$ 表示差异有统计学意义。

2 结果

2.1 临床资料 本研究共入组5例(5眼),其中男2例(2眼),女3例(3眼),其余信息见表1。

2.2 效果评价 5例患者义眼与健眼的睑裂高度、眼球突出度、MRD1及MRD2差异均无统计学意义

表1 纳入患者临床资料

患者编号	性别	年龄	眼别	摘眼原因	是否植入义眼台
1	女	37	左眼	外伤	是
2	男	25	右眼	眼内炎	是
3	男	41	左眼	外伤	是
4	女	54	右眼	眼球萎缩	是
5	女	47	左眼	外伤	是

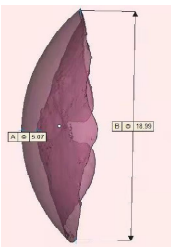


图1 3D义眼片三维模型



注:A为正面观,B为侧面观
图2 3D打印的个性化义眼片

(均 $P > 0.05$),见表2、图3。

3 讨论

单纯眼内容物摘除术后患者外观一般较差。由于眼眶容积的缺失,会造成上睑沟凹陷,睁眼困难及下睑外翻等,严重影响外观^[1]。植入义眼台填充缺失的眼眶容积,同时佩戴与健眼相似、逼真的个性化义眼片可以极大的改善外观,降低由于眼内容物摘除带来的心理创伤。

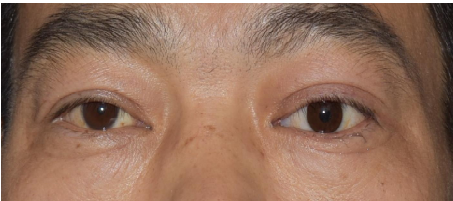
目前,临床上使用的义眼片主要分两类,即成品义眼片和个性化义眼片。成品义眼片是由厂家按照固定模式生产制作而成,由于材料厚重、形状及色彩无个性化制作等原因,其外观较差,后期下睑外翻,上睑下垂等并发症较多,极大地限制了其在临床上的广泛应用。因此个性化义眼片的设计和制作显得格外重要。

目前主流的个性化义眼片定制基本步骤分为结膜囊印膜制作、不透明树脂膜制作、虹膜定位、着色、定型、试戴、随访和微调等。其中结膜囊印膜制作和虹膜定位是最为关键的两项技术,决定了其舒适度和外观的对称性^[2]。现阶段较为主流的结膜囊印膜制作是采用以印膜材料和印膜塑形盘相结合的方式,该方法可以较好地复制患者球结膜表面形态,保证义眼片的舒适性。同时可以获得较准确的义眼片厚度,保证患眼佩戴义眼片后的眼球突出度和睑裂高度与健眼的对称。但是该印膜的前表面形态无法根据健眼进行个性化制作,与健眼的眼表弧度存在较大的差别。前表面特别是角膜弧度的双侧不对称

表2 患者义眼与健眼睑裂高度、MRD1、MRD2值比较 cm

眼别	睑裂高度	眼球突出度	MRD1	MRD2
义眼	9.14±0.25	12.4±0.80	4.55±0.26	4.59±0.13
健眼	9.11±0.20	12.8±0.75	4.62±0.30	4.49±0.14
t值	0.15	0.73	0.35	1.04
P值	> 0.05	> 0.05	> 0.05	> 0.05

注:MRD1为上睑缘角膜映光点,MRD2为下睑缘角膜映光点



注:左眼为义眼
图3 患者佩戴义眼片后的外观照

会加重双侧眼的外观不对称性。因此,本研究采用结膜囊印膜的后表面及厚度为义眼片提供后表面形态和厚度的数据,采用 IOL Master 和 Pentacam 角膜地形图获取健眼的角膜曲率、角膜直径及瞳孔直径,为义眼片提供精准的前表面形态数据。此方式可以兼顾义眼片配适的舒适性及双眼睑裂高度与眼球突出度的对称性。结果显示,5 例患者义眼与健眼的眼球突出度与睑裂高度均无统计学差异,且均无佩戴不适感。本研究首次将生物测量仪器测量的健眼前表面数据与患眼结膜囊印膜的数据整合,作为个性化义眼片的形态数据,具有一定的创新性。

精确复制虹膜位置与大小是制作义眼片的一项关键步骤。虹膜钉是一项较为常用的技术,可分为传统手动绘制和预制的成品虹膜钉反向上色^[5]。其本质都是在自然光照条件下,对患者的健眼的虹膜形态进行细致的观察和测量,包括颜色、角膜直径的测量、瞳孔位置定位与直径测量、虹膜的形态结构等,并以此为模板进行人工定位、绘制上色^[6]。其中瞳孔位置采用瞳距尺进行定位,其定位较为准确^[7]。角膜直径和瞳孔直径测量采用量尺测量^[6-8],其精确性较差。Iol Master 生物测量仪测量角膜直径与瞳孔直径的准确性和可重复性较高,可以为义眼片的虹膜位置与大小提供精确的数据支持。因此,本研究根据结膜囊印膜上标记的瞳孔位置,结合 Iol Master 测量的瞳孔直径与角膜直径定位虹膜的位置与大小,较传统虹膜钉技术更为精准。

虹膜上色技术目前分为手绘上色与数码上色。手绘上色耗时较长,且对制作者的技术要求较高,且虹膜颜料后期可能发生漂白、染色、变色等反应^[6]。数码上色是利用数码图像来制作义眼片的虹膜部分^[9-10]。它可以逼真地复制健眼的虹膜颜色及大小^[9,11]。该项技术可以减少患者的治疗时间,降低制作者绘制虹膜过程中的技术难度。3D 彩色打印一直是 3D 打印技术的热点和难点,有学者试图将 3D 打印技术运用于个性化义眼片的设计与制作,但是受制于 3D 彩色打印技术的不成熟,3D 打印义眼片的着色步骤仍需手绘^[3-4],其外观效果仍然无法达到精确对称。Zhang 等^[12]介绍了一种基于热成形的着色技术,认为可以较好地复制目标物体的颜色纹理,其原理借鉴塑料产品制造技术,在透明塑料板上附加一个预先设计的颜色图

案,将此塑料板贴附在 3D 打印模型上后加热塑形,这样 3D 打印模型便可以得到预想的颜色纹理以及一层保护膜。但是此方式后期因塑料老化变性等问题,可能会导致 3D 模型色彩的变化及脱失。近年来随着贴膜技术的发展,3D 彩色打印技术也随之完善。本研究采用生物测量数据定位虹膜位置与大小,3D 打印技术为义眼片进行数码上色,取得了满意的效果。

利益冲突 所有作者声明无利益冲突

参 考 文 献

- [1] SUTER A J, MOLTENO A C, BEVIN T H, et al. Long term follow up of bone derived hydroxyapatite orbital implants[J]. Br J Ophthalmol, 2002, 86(11): 1287-1292.
- [2] DE CAXIAS F P, DOS SANTOS D M, BANNWART L C, et al. Classification, history, and future prospects of maxillofacial prosthesis[J]. Int J Dent, 2019, 2019: 8657619.
- [3] RUITERS S, SUN Y, DE JONG S, et al. Computer-aided design and three-dimensional printing in the manufacturing of an ocular prosthesis[J]. Br J Ophthalmol, 2016, 100(7): 879-881.
- [4] YE X, WANG S Z, ZHU Y, et al. Automatic design and fabrication of a custom ocular prosthesis using 3D volume difference reconstruction (VDR)[J]. IEEE Access, 2018, 6: 14339-14346.
- [5] JANYA S, GUBRELLAY P, PURWAR A, et al. Prosthetic rehabilitation of ocular defect resulting from pediatric retinoblastoma[J]. Int J Clin Pediatr Dent, 2014, 7(3): 209-212.
- [6] YE J, LOU L X, JIN K, et al. Vision-related quality of life and appearance concerns are associated with anxiety and depression after eye enucleation: A cross-sectional study[J]. PLoS One, 2015, 10(8): e0136460.
- [7] GUPTA L, APARNA I N, DHANASEKAR B, et al. Three-dimensional orientation of iris in an ocular prosthesis using a customized scale[J]. J Prosthodont, 2014, 23(3): 252-255.
- [8] MATHEWS M F, SMITH R M, SUTTON A J, et al. The ocular impression: A review of the literature and presentation of an alternate technique[J]. J Prosthodont, 2000, 9(4): 210-216.
- [9] ARTOPOULOU I I, MONTGOMERY P C, WESLEY P J, et al. Digital imaging in the fabrication of ocular prostheses[J]. J Prosthet Dent, 2006, 95(4): 327-330.
- [10] CEVIK P, DILBER E, ERASLAN O. Different techniques in fabrication of ocular prosthesis[J]. J Craniofac Surg, 2012, 23(6): 1779-1781.
- [11] JAYASWAL G P, DANGE S P, KHALIKAR A N. Restoration of an atrophic eye socket with custom made eye prosthesis, utilizing digital photography[J]. Indian J Dent Res, 2011, 22(3): 482-485.
- [12] ZHANG Y, TONG Y, ZHOU K. Coloring 3D printed surfaces by thermoforming[J]. IEEE Trans Vis Comput Graph, 2017, 23(8): 1924-1935.

收稿日期:2024-07-19

(本文编辑:吴迪汉)