

3D打印技术在颌面整形外科的应用进展

殷俊飞扬^{1,2,3}, 钟静^{1,2,3}, 陈莉智^{1,2,3}, 黄文华^{1,2,3}

1. 南方医科大学基础医学院人体解剖教研室, 广东 广州 510515; 2. 广东省医学3D打印应用转化工程技术研究中心, 广东 广州 510030; 3. 广东顺德南方医大科技园有限公司, 广东 顺德 528315

【摘要】近年来,3D打印技术已经被广泛地研究并应用于生物医学领域,该技术能够有效地改善整形外科手术方式。本研究基于3D打印技术在颌面整形外科的发展现状,主要对该技术在术前模拟、医学教育、临床应用及假体制作等方面的应用作一综述,归纳了该技术在不同情况下的应用特点、应用范围及其实际应用中的优势,总结了当前3D打印技术在临床应用的新方法,分析了当前该技术的主要困难及其发展方向,并对其发展趋势进行了展望。

【关键词】颌面部;3D打印;整形外科;综述

【中图分类号】R319;R782.2

【文献标志码】A

【文章编号】1005-202X(2018)12-1479-04

Application progress of 3D printing technology in maxillofacial plastic surgery

YIN Junfeiyang^{1,2,3}, ZHONG Jing^{1,2,3}, CHEN Lizhi^{1,2,3}, HUANG Wenhua^{1,2,3}

1. Department of Anatomy, School of Basic Medical Sciences, Southern Medical University, Guangzhou 510515, China; 2. Guangdong Province Medical 3D Printing Application Transformation Engineering Technology Research Center, Guangzhou 510030, China; 3. Guangdong Shunde Southern Medical Science Park Co., Ltd, Shunde 528315, China

Abstract: In recent years, three-dimensional (3D) printing technology has been widely studied and applied in the field of biomedicine, and many studies have shown that this technology can effectively improve the orthopedic surgery. Based on the development of 3D printing technology in maxillofacial plastic surgery, the application of 3D printing technology in the preoperative simulation, medical education, clinical application and prosthesis production are reviewed. The application characteristics, application scopes and advantages of 3D printing technology in different situations are mainly summarized in this review. Moreover, the current new methods of 3D printing technology in clinical application are introduced; main difficulties and development direction of the technology are presented; and the development trend of the technology is prospected.

Keywords: maxillofacial; three-dimensional printing; orthopedics; review

前言

随着人们越来越注重颌面部外型,对于因先天畸形、外伤、肿瘤切除以及炎性反应等因素所导致的颌面畸形,都需要通过整形手术来修复。但由于颌面解剖结构复杂、手术视野狭小等原因,使得传统手术具有一定的局限性^[1]。近年来,整形外科开始引入

3D打印技术,利用该技术,术者能对手术部位的解剖结构精确观测,从而更加精准、高效、高质量地完成手术。目前,3D打印技术在整形外科领域的应用越来越广泛,如培养整形外科医生、制作整形医疗器材等,这对颌面整形外科的手术治疗与未来发展有着跨时代的意义。本文首先对3D打印进行概述,然后综述了3D打印技术在颌面部整形外科的应用进展,最后展望了3D打印技术在整形外科领域的运用。

1 3D打印技术概述

3D打印技术是一种基于三维数字成像技术和多层连续打印技术相结合的一种新兴应用技术^[2]。其主要步骤为:三维扫描;计算机辅助设计三维数字化模型,并对虚拟模型进行数据分析;形成文件后输入打印机;最终通过分层加工、叠加成型的方式,逐层

【收稿日期】2018-06-26

【基金项目】国家重点研发计划(2017YFC1103403);广东省科技计划项目(2016B090925001, 2017B090912006);深圳市医疗卫生“三名工程”高层次医学团队(SZSM201612019)

【作者简介】殷俊飞扬,硕士,研究方向:数字医学,E-mail: 617344918@qq.com

【通信作者】黄文华,教授,博士生导师,研究方向:数字医学、临床应用解剖学,E-mail: 13822232749@139.com

增加材料生成3D实体模型^[3]。此技术与传统制造工艺相比,优势在于能为不同个体提供个性化设计,大大减少了时间成本和制作成本,并能精准制作出较复杂的器材^[4]。

2 3D打印技术在颌面整形外科的应用进展

在整形外科领域中,3D打印技术常常用于颌面整形外科的术前模拟、医学教育、临床应用及假体制作,该技术的应用过程主要分为以下3个阶段。

2.1 术前模拟与医学教育

1992年,整形外科史上首次使用3D打印技术,即应用于颌面整形的术前模拟,是该技术进入整形外科领域的首例临床应用^[5]。随后,Levine等^[6]利用该技术先进行术前模拟,得到患者截骨线位置等信息,然后对70余名患者行下颌截骨术、正颌手术及颌面创伤修复术,均取得良好的手术重建效果。2005年,国内首次在整形外科领域引进3D打印技术,开展术前模拟,引发国内整形外科手术翻天覆地的变革。

精确掌握局部解剖学专业知识是作为一个整形外科医生的必要条件。3D打印技术发展促进了整形外科医生对不同结构和组织之间的关系有了更加深刻的认识,改善了整形外科医生的学习体验,可以更直观地认知各种复杂局部解剖学细节,弥补二维或三维平面图像的不足。除此之外,传统CT或MRI平片很难让没有医学背景的患者了解手术过程,因此我们可以利用该技术为患者提供术前咨询,让患者更直观地了解此次手术目的、术中可能发生的情况,然后做出手术预期效果,还可对术后远期并发症做出评估^[7-8]。在3D打印模具的辅助下,四川大学华西医院与华中科技大学同济医院共同开展了相应的临床研究,高年资主任医师与低年资医生,首先利用该模具模拟手术过程,然后同时对16名方颌患者(其中男性3例,女性13例)行双侧下颌角成型术,手术结果相差甚微,这说明该技术可大大提高年轻医生的手术能力^[9]。Ueda等^[10]使用3D打印技术打印出人脸双层弹性模型(表面由聚氨酯制成,内层为硅树脂),使得年轻医生能更形象地为患者讲解手术细节以及体验逼真的模拟手术,这对提升整形外科医生的培养效率有很大的辅助作用。

目前,医生或患者的实际利益尚未量化,对整形外科医生在线性长度、尺度和形状理解上进行的测试研究较少,3D打印技术的应用有助于外科医生在3D打印模型中感知长度的能力,而不是单纯依靠测量工具,其最终目的是确定3D打印技术对医患的具体利益^[11]。在此阶段,利用该技术解决了不少临床困

难和临床管理问题,提高了医疗质量,促进了医患之间直观化沟通,缓解了医生工作压力以及减少医疗纠纷。

2.2 颌面整形的临床应用

颌面部整形外科手术最重要是能精准、高效、高质量地对患者外观进行修复或美化,3D打印技术很好地满足了此类手术的需求。随着人们对下颌角、颏下、颧骨、前额等部位外观审美的要求越来越高,整形外科手术对手术结果的要求也逐步提高。近年来,国内外已把3D打印技术以多种形式应用于临床,实现了颌面部整形手术的个性化治疗,并提高了手术治疗效率与效果。主要在下颌整形、颏部整形、颧骨整形和硅胶植入这几个方面应用较多。

2.2.1 下颌整形 人们对颌面部外形越来越注重,而下颌角畸形严重影响了患者的面部外形,因此整形外科医生常通过下颌整形手术来改善患者的面部外形。在3D打印技术应用于下颌整形手术前,该手术一般分为两个步骤(下颌骨轮廓成型术、正颌手术)进行,由于术前设计和手术模板的局限性,导致该手术过程过于复杂,完成手术需要大量的时间和费用,从而使得整形外科医生对单级化治疗的愿望越来越强烈。近年来,在3D打印技术的帮助下,可将两个手术步骤相结合为一个步骤,从而有效地实现单级化治疗。Xiao等^[12]应用3D打印技术,行LE Fort I截骨术,首先打印出手术模板、特异性植入物以及做好术前设计,然后确定颌骨的新位置,先进行截骨术,最后沿着术前模板标记进行精确打磨。手术全过程仅需2~3 h,无神经、血管和肌肉损伤,术后无明显感染、面瘫、骨坏死和骨移位。商洪涛等^[13]对34例下颌畸形患者行正颌手术治疗,34位患者均在截骨板和定位平板(3D打印产品)指导下完成手术,术后患者咬合功能完好无损,形态满意。上述临床研究表明,3D打印技术在下颌整形手术的应用不仅节省了手术时间,而且提高了手术质量。如今,此类手术越来越精确,其可行性、有效性和安全性也得到了极大的提高。

2.2.2 颏部整形 颏部是维持面部外观协调的重要部位,针对颏部畸形患者(颏部突出、颏部偏斜等),整形外科领域开展了一系列颏部整形手术,其中最常用的是颏成型术,该手术也是最早应用于颌面整形手术之一。传统颏成型术包括假体植入隆颏术、自体骨植入隆颏术和颏截骨成型术^[14]。而此类手术并不能完美地解决患者部分术后并发症,如假体变形、移位等。3D打印技术的应用则很好地弥补了这部分缺陷。2011年,国外首次应用该技术打印出个性化

人造假体并运用于下颌骨移植术,术后患者恢复良好,功能完善^[15]。随后,国内也开始使用该技术,王洪一等^[16]针对颧部形态外观不对称、外突患者,开展了颧部整形个性化手术治疗,术前打印出该区域导板,往复锯标记,按标记线打磨多余骨,最后植入术前3D打印导板。结果表明此个性化导板具有良好的贴附力。随着3D打印技术更广泛的应用,颧部整形手术质量大大提高,这对于颧部畸形患者的心理健康和生活质量有着重要意义。

2.2.3 颧骨整形 颧骨位于面部中间两侧,相对突出的部位,对面中部外观的立体性有着维持作用。由于其位置相对突出,所以在颌面骨折中发生率较高,易出现颧面部塌陷畸形。该畸形主要表现为颧骨移位、增宽和不对称,此外还影响了患者面部功能,如开口受限等。随着患者对面部外形与功能恢复的愿望越来越高,对颧骨整形手术治疗的要求也越来越高。该手术最重要的步骤在于术前如何精确定位与术中如何精确复位,而3D打印技术则很好地对这两个步骤提供了有效的辅助作用。徐冰冰等^[17]针对颧骨颧弓骨折患者应用该技术,与微创手术相结合对患者进行骨折个性化复位固定治疗。相比传统颧骨骨折修复术,手术创伤减少,术后患者面部对称性改善良好。2015年,在3D打印技术的辅助下,董智伟等^[18]对10例单侧颧骨骨折患者进行整形手术治疗,术前利用该技术精确地进行骨折复位计划制定与复位导板制作,从而提升术中手术效率与术后效果。术后所有患者无感染、无明显瘢痕、面部轮廓对称以及功能恢复良好。此个性化治疗,不仅实现了对患者外观和功能的恢复,而且降低了对术者手术能力的要求。

2.2.4 硅胶植入 随着人们对面部外观立体化、更加饱满的需求逐渐提高,植入物填充术也逐渐被优化。传统植入物大多为标准化硅胶假体、自体脂肪组织及自体肋软骨等,其应用时易出现变形、移位,而3D打印技术应用后,则很有效地解决了这部分不足。Yim等^[19]对传统下颌截骨术过度切除患者行颌面部填充术时,将个性化定制硅胶植入后下颌骨使其平滑美观,术后感染率低、远期更换及调整容易。也可应用于颧骨填充术,在定制硅胶植入物后,把它放置在颧骨前部,术后面部立体效果明显改善,远期患者无任何假体移位及感染等并发症。针对前额缺损患者,可使用3D打印出订制版硅胶填充物,使外观和吻合度最优化。目前,该技术已经很好地改善了植入手术的操作训练、假体质量、患者护理及手术结果^[20],从而很好地满足此类患者的需求。

2.3 3D打印假体材料研发进展

3D打印主要使用金属粉末、树脂、聚合物和陶瓷等材料,基于CT技术及离散堆积原理,确定经济、高效和精准的预制模型,通过分层叠加方式,快速使目标实体成型,并迅速运用到临床治疗中。如3D打印耳模型辅助雕刻耳廓支架,通过在3D模型上进行数据测量,提高手术成功率,用于患者外观,术后明显提高患者生活质量^[21]。

随着材料学的进步,国内外开始使用激光烧结金属钛粉末制作个性化假体,应用于下颌骨缺损修复术等,很大程度提高了临床效果。除此之外,还可以利用金属钛等之外的生物材料(磷酸三钙粉末、羟基磷灰石粉等)来制作假体,与传统假体制作相比,它弥补了标准化人工假体的局限性,主要体现在一些复杂的手术,如颌面缺损修复术及颌面关节修复等^[22]。

合成材料假体是目前使用最多的一类假体,它的缺陷在于不能完美模拟和适应体内微环境,而3D打印生物支架可以很好地弥补这一不足。生物活性打印技术是以生物材料作为“支架”,生物活性成分作为“墨水”(大多是一种凝胶生物可降解材料),其中支架为结构基础,把生物活性细胞喷涂在支架上,在适合其生长的特殊环境中培养,最终生成所需移植器官。Neufurth等^[23]成功制备出无定型Ca-poly纳米粒子/微利,此材料具有高生物利用度,并与PCL合成混合材料,用于开发一种生物力学及形态稳定的新型生物打印支架,具有恢复生理功能的潜力,可用于植入骨的重建和再生等。美国康奈尔大学与威尔康乃尔医学院联合打造出由活细胞制成的器官耳,在很短的时间内胶原支架降解,该器官耳逐渐长出软骨,可用于先天性耳畸形等患者^[24]。Apelgren等^[25]使用纳米纤维素和海藻酸盐与人软骨细胞和人间充质干细胞组合打印出构建体。生物假体的诞生,可以显著降低发病率和改善整形美容效果。这些研究成果,相信在未来会广泛应用到颌面整形外科手术治疗中^[26-27]。

3 展望

目前,3D打印技术在整形外科领域的运用还具有一定局限性,其主要表现在还没有大型的研究和随机对照试验来验证其价值,以及更大范围地把该技术推广到实际临床应用。但是,当代整形外科医生已逐步熟悉3D打印技术原理,并为这个领域做出了相应的贡献,如很好地避免了炒作和脱离临床实用性,努力克服生物学、技术和监管等方面的困难,

努力将理论试验研究转化为实际临床应用。整形外科作为3D打印领域的重点研究学科,越来越多的研究被开发并深化,如血管化、细胞操作和组织生存能力或转移,未来很有希望将这些研究成果广泛应用于临床,给整形外科领域的发展带来颠覆性的挑战与机遇。

【参考文献】

- [1] 何颜秋,陈华.快速成型结合3D打印技术在颅颌面畸形整形修复中的应用[J].中国美容医学,2015,24(13):80-83.
HE Y Q, CHEN H. Application of rapid prototyping with 3D printing technology in plastic repair of cranial and maxillofacial deformity[J]. Chinese Journal of Aesthetic Medicine, 2015, 24(13): 80-83.
- [2] KAMALI P, LIN S J. Reply: the current role of three-dimensional printing in plastic surgery[J]. Plast Reconstr Surg, 2017, 139(3): 812e-813e.
- [3] ZEMA L, MELOCCHI A, MARONI A, et al. 3D printing of medicinal products and the challenge of personalized therapy[J]. J Pharm Sci, 2017, 106(7): 1697-1705.
- [4] 李永欣,黄文华.3D打印技术在人体器官方面的应用研究及展望[J].医学研究杂志,2015,44(6):3-5.
LI Y X, HUANG W H. Application research and prospect of three-dimensional printing technology in human organs[J]. Journal of Medical Research, 2015, 44(6): 3-5.
- [5] 李青峰.3-D打印技术在整形外科的应用[J].中国修复重建外科杂志,2014,28(3):266-267.
LI Q F. The application of three-dimensional printing technology in plastic surgery[J]. Chinese Journal of Reparative and Reconstructive Surgery, 2014, 28(3): 266-267.
- [6] LEVINE J P, PATEL A, SAADEH P B, et al. Computer-aided design and manufacturing in craniomaxillofacial surgery: the new state of the art[J]. J Craniofac Surg, 2012, 23(1): 288-293.
- [7] GERSTLE T L, IBRAHIM A M, KIM P S, et al. A plastic surgery application in evolution: three-dimensional printing[J]. Plast Reconstr Surg, 2014, 133(2): 446-451.
- [8] CHAE M P, ROZEN W M, MCMENAMIN P G, et al. Emerging applications of bedside 3D printing in plastic surgery[J]. Front Surg, 2015, 2: 25.
- [9] 杨运强,顾旻菲,邵乐南,等.计算机辅助设计与3D打印导板在下颌角成形术中的应用[J].华中科技大学学报(医学版),2017,46(3):317-321.
YANG Y Q, GU Y F, SHAO L N, et al. Application of computer-aided design and 3D printing template in mandibular angloplasty[J]. Acta Mediciniae Universitatis Scientiae et Technologiae Huazhong, 2017, 46(3): 317-321.
- [10] UEDA K, SHIGEMURA Y, OTSUKI Y, et al. Three-dimensional computer-assisted two-layer elastic models of the face[J]. Plast Reconstr Surg, 2017, 140(5): 983-986.
- [11] CROMEENS B P, RAY W C, HOEHNE B, et al. Facilitating surgeon understanding of complex anatomy using a three-dimensional printed model[J]. J Surg Res, 2017, 216: 18-25.
- [12] XIAO Y J, SUN X M, WANG L, et al. The application of 3D printing technology for simultaneous orthognathic surgery and mandibular contour osteoplasty in the treatment of craniofacial deformities[J]. Aesthetic Plast Surg, 2017, 41(6): 1413-1424.
- [13] 商洪涛,史雨林,白石柱,等.骨性Ⅲ类面形患者数字化正颌外科治疗[J].中国美容整形外科杂志,2016,27(12):713-716.
SHANG H T, SHI Y L, BAI S Z, et al. Digital orthognathic surgery in the treatment of skeletal class III type patients[J]. Chinese Journal of Aesthetic and Plastic Surgery, 2016, 27(12): 713-716.
- [14] 沈映勋,张策,曹德君.颌成形术发展及现状[J].组织工程与重建外科杂志,2015,11(2):116-119.
SHEN Y X, ZHANG C, CAO D J. Development and present situation of genioplasty[J]. Journal of Tissue Engineering and Reconstructive Surgery, 2015, 11(2): 116-119.
- [15] NICKELS L. World's first patient-specific jaw implants[J]. Met Powder Rep, 2012, 67(2): 12-14.
- [16] 王洪一,梁久龙,刘晓燕,等.3D打印技术在正颌外科手术中的应用[J].解放军医药杂志,2015,27(11):13-16.
WANG H Y, LIANG J L, LIU X Y, et al. 3D printing technique in application of orthognathic surgery[J]. Medical & Pharmaceutical Journal of Chinese People's Liberation Army, 2015, 27(11): 13-16.
- [17] 徐冰冰,李雅南,来庆国,等.3D打印术前设计和内镜辅助在颧骨颧弓骨折复位固定术中的应用[J].中国口腔颌面外科杂志,2018,16(1):44-47.
XU B B, LI Y N, LAI Q G, et al. Application of 3D printing design and endoscope in reduction and fixation of fractures of zygoma and zygomatic arch[J]. China Journal of Oral and Maxillofacial Surgery, 2018, 16(1): 44-47.
- [18] 董智伟,张新风,陈春艳,等.3D打印导板技术在单侧颧骨骨折治疗中的应用[J].解放军医药杂志,2016,28(11):23-25.
DONG Z W, ZHANG X F, CHEN C Y, et al. Three-dimensional printing guide in application of unilateral zygomatic bone fracture[J]. Medical & Pharmaceutical Journal of Chinese People's Liberation Army, 2016, 28(11): 23-25.
- [19] YIM H W, NGUYEN A, KIM Y K. Facial contouring surgery with custom silicone implants based on a 3D prototype model and CT-scan: a preliminary study[J]. Aesthetic Plast Surg, 2015, 39(3): 418-424.
- [20] HSIEH T Y, DEDHIA R, CERVENKA B, et al. 3D printing: current use in facial plastic and reconstructive surgery[J]. Curr Opin Otolaryngol Head Neck Surg, 2017, 25(4): 291-299.
- [21] ZHU P, CHEN S. Clinical outcomes following ear reconstruction with adjuvant 3D template model[J]. Acta Oto-Laryngologica, 2016, 136(12): 1236-1241.
- [22] 王成龙,吕长胜.3D打印技术在整形外科领域的应用进展[J].中国美容整形外科杂志,2015,26(5):275-278.
WANG C L, LÜ C S. Application of 3D printing technology in plastic surgery field[J]. Chinese Journal of Aesthetic and Plastic Surgery, 2015, 26(5): 275-278.
- [23] NEUFURTH M, WANG X H, WANG S F, et al. 3D printing of hybrid biomaterials for bone tissue engineering: calcium-polyphosphate microparticles encapsulated by polycaprolactone[J]. Acta Biomater, 2017, 64: 377-388.
- [24] ZOPF D A, HOLLISTER S J, NELSON M E, et al. Bioresorbable airway splint created with a three-dimensional printer[J]. N Engl J Med, 2013, 368(21): 2043-2045.
- [25] APELGREN P, AMOROSO M, LINDAHL A, et al. Chondrocytes and stem cells in 3D-bioprinted structures create human cartilage *in vivo* [J]. PLoS One, 2017, 12(12): e0189428.
- [26] COLASANTE C, SANFORD Z, GARFEIN E, et al. Current trends in 3D printing, bioprosthesis, and tissue engineering in plastic and reconstructive surgery[J]. Curr Surg Rep, 2016, 4(2): 6.
- [27] JESSOP Z M, AL-SABAH A, GARDINER M D, et al. 3D bioprinting for reconstructive surgery: principles, applications and challenges[J]. J Plast Reconstr Aesthet Surg, 2017, 70(9): 1155-1170.

(编辑:谭斯允)