

· 述 评 ·

数字化整形外科

韩文卿^{*1} 林力^{*1} 马建华² 张艳¹ 柴岗¹

【摘要】 数字化医学是一门将医学影像处理、三维重建与可视化技术、计算机辅助设计与制造、计算机导航系统与机器人辅助技术等相关数字化技术与临床医学紧密连接起来的综合科学,其临床应用日益广泛。在整形外科领域,数字化技术得到了迅速的发展及应用。现对数字化医学的基本概念及其在整形外科中的应用进展作一综合评述。

【关键词】 数字化医学;三维打印技术;三维扫描技术;整形外科

数字化医学是一门将医学影像处理、三维重建与可视化技术、计算机辅助设计与制造、计算机导航系统与机器人辅助技术等相关数字化技术与临床医学紧密连接起来的综合科学,其临床应用日益广泛。尤其在外科手术中,通过数字化技术可以将二维图像或结构光测量数据转化为三维立体图形,通过人机交互的形式,在计算机程序控制下进行指定组织和部位的建模、设计和执行,从而精确地辅助、模拟、实行、评估手术治疗。影像处理系统、定位导航系统、配准处理系统、信息显示系统、机器辅助系统等已成为数字化医学技术的重要组成部分。目前,数字化整形外科是数字化医学的重要应用领域之一,已取得了较多的研究和应用成果,并展示出广阔的应用前景。

1 数字化导航技术

1873 年,F Dittmar 第 1 次使用立体定向手术从延髓组织中获得样本。1908 年,V Horsley 和 RH Clarke 发明了一种神经外科的导航手术方法,即通过使用一个与框架相结合的立体定向导航技术定位颅内结构。1947 年,EA Spiegel 首次使用头部框架进行手术定位,并在人身上进行了临床试验。20 世纪 70 年代后期,计算机体层摄影技术(computed tomography,CT)和三维影像技术的发展为计算机辅助外科奠定了技术基础。1976 年,M Bergstram 等首先发明了将 CT 扫描坐标信息转换至立体定向头架中的导航装置。作为导航定位技术的一个重要组成部分,立体框架的作用是为了牢固的固定患者的头部,在手术期间,可以确保患者空间位置的相对固定,以利于后续的导航手术。而在框架外侧,通过标志物的标定,所有与手术相关的解剖结构的相对位置都可以准确地反映出来。从 20 世纪七八十年代开始,该项技术应用非常广泛,这是手术导航技术发展的第一个阶段。但这种方法必须在患者身上安装固定臂,给患者造成了痛苦,且影响一定区域的外科手术执行,另外,在操作上繁琐费时,精度有限。手术导航技术发展的第二个阶段是使用无立体框架的导航系统。1987 年,E Watanabe 最早在神经外科领域应用该技术,其在手术之前便可以选择性地通过 CT 或 MRI 将患者解剖学结构标记出来。导航仪器包括关节的机械臂与计算机相关工作站,探测器在手臂的关节测量角变形量,这使根据跟踪传感器来计算术中位置成为可能。目前,在临床上应用广泛的便是此阶段的导航系统。

随后,1995 年美国卡耐基梅隆大学(Carnegie Mellon University)研制了 HipNav 导航系统,采用 CT 图像进行术前三维规划,引导全髋置换手术,为临床诊治拓宽了思路。近年来,三维影像显示、新型手术导航系统、专科医学智能机器人等新技术在国内外外科领域开始广泛的临床应用^[1]。现在的导航系统一般可以分为机械、电磁、超声、光学等方式。技术上也实现了通过追踪设备对事先预定好的参考点进行实时导航。值得一提的是,基于光学的系统主要用于术中导航,这是目前最为精确的定位导航系统。2013 年,Morrison 等^[2]利用三维术中导航辅助延迟重建复杂眶颧骨折,结合术前设计与术中导航规划,使手术精确度提高、手术时间缩短。

DOI:10.3969/j.issn.1673-7040.2017.01.001.

基金项目:国家自然科学基金面上项目(81372097);上海市科学技术委员会科研计划项目(14441900800,14441900802);上海交通大学“医工交叉研究基金”(YG2014MS06);上海交通大学医学院高峰高原计划研究型医师(20161420)

作者单位:1.上海交通大学医学院附属第九人民医院 整复外科,上海 200011;2.泰兴市人民医院 神经外科,江苏 泰兴 225400

通信作者:柴岗,Email:13918218178@163.com

* 共同第一作者

Cheng 等^[3]在头颈重建领域中,借助三维导航系统建立三维镜像模板对严重下颌骨缺损畸形的患者实施显微外科手术,手术的准确性得以提高。

2 三维打印在整形外科的应用

三维打印(three-dimensional printing)技术是基于计算机三维数字成像技术和多层次连续打印技术的一种新兴应用技术。内容涵盖了产品生命周期的“快速成型技术”(rapid prototyping)和全生产周期的“快速制造”(rapid manufacturing)相关的所有打印工艺、技术、设备类别及应用。已商品化的三维打印机以光固化打印、选择性激光烧结打印、熔融沉积打印、三维打印为主要工艺。三维打印技术可用于制造实体模型、指导手术方案设计、打印制作组织工程、定向药物输送骨架等。因其能将复杂三维结构数字化,并精确地打印成实物,有望解决一系列工程学和构建科学的问题,被誉为新的工业革命^[4]。

1992 年,NG Stroker 等首次将该技术引入整形外科领域,目前主要应用于隆鼻、隆额的假体个性化定制、颅骨缺损的个性化修复、下颌骨重建术及截骨手术等。利用三维打印技术快速精确地制造三维结构完全仿真的生物模型,可用于临床辅助诊断、复杂手术方案定制、个性化假体制作,也可用于医用教学。Chrzan 等^[5]利用 CT 技术和三维打印技术为 19 例颅骨部分缺损患者制造出个性化假体,置入后效果良好。D'Urso 等^[6]验证了三维打印技术的精确性。Levine 等^[7]利用该技术制作术中引导装置,可以在术中实时提示截骨线等,起到了指导手术的作用。利用三维打印技术对腓骨瓣准确塑形和置入是恢复下颌骨自然弧度和牙种植术的基础。三维打印技术也应用于可控缓释药物,Rowe 等^[8]以乳糖为粉末、荧光素钠为模型药物,利用三维技术打印了缓释药物制剂。随着材料学的发展,Saijo 等^[9]采用磷酸三钙粉末等生物材料制备个性化假体,无需术中雕刻,直接置入人体。Boland 等^[10]将三维打印技术与生物材料学等多领域结合,成功打印出具有活性的微脉管系统。可见,生物活性打印具有广阔的应用前景。

3 数字化技术在皮瓣和显微外科导航中的实际应用

利用数字化虚拟技术对临床常用皮瓣进行可视化设计与重建,并成功重建出背阔肌肌皮瓣、股前外侧皮瓣、足背皮瓣、小腿外侧皮瓣及其毗邻结构的三维可视模型,显示清晰,实体感强,为显微外科教学提供了新的理论和技术方法,并为数字虚拟教室的建立打下了基础。

数字化技术非常适合于下颌骨重建患者的个性化手术方案制定,并可以进行手术导板的制作。下颌骨重建术是重要的术式,也是最早最成熟的术式。Ueda 等^[11]较早使用医用机器人和计算机辅助外科技术进行了下颌骨重建术,其利用计算机辅助三维固体模型与肩胛皮瓣进行了 7 例重建术,除 1 例死于转移性癌症外,其余 6 例患者均达到了较好的功能与审美效果。Modabber 等^[12]将髂嵴骨皮瓣用于下颌骨重建术,并通过实验,得出在下颌骨重建术中腓骨游离皮瓣优于髂嵴骨皮瓣的结论^[13]。Berrone 等^[14]利用计算机辅助设计与制造技术在术前制作了患者模型与手术模板,并进行改造,对 4 例肿瘤患者进行了修复手术。Wilde 等^[15]则在尸体上进行了实验,制作了导航钛板。Kim 等^[16]为解决腓骨游离皮瓣行下颌骨重建后的移位问题,在计算机辅助技术下使用矢状截骨术进行下颌骨重建。Zinser 等^[17]对比了计算机辅助设计与制造技术和传统方法设计的咬颌板的使用效果,结果显示前者的精度明显优于后者。Matros 等^[18]对比了计算机辅助设计与制造辅助皮瓣重建术与传统皮瓣重建术在头颈部肿瘤修复术中的应用效果,前者在延迟时间、前下颌缺陷、试样变形、创建三维截骨术和上颌骨重建上都更有优势。颅骨缺损重建是数字化医学中计算机辅助设计与制造生物相容性自定形植入物最早的临床应用之一。最近,利用计算机辅助外科手术进行术前模拟,血管组织转移至颅内的区域规划已成为可能^[19]。Khechoyan 等^[20]通过术前模拟制作个性化模板,使颅缝早闭的患者也得到更精准地重建。其结果表明,通过术中计算机辅助设计和置入物的设计,手术的可重复性和精度已超过传统的、非基于数字化模板的外科手术。

4 三维扫描成像技术在整形外科中的应用

三维扫描具有三维测量、轮廓重建及图像处理等功能,可以快速得到各测量点对应的空间坐标,并自动生成三维数字点云图像,可测量对象上两个体表标志点的曲面距离和截面直线距离,面积和体积等数据也可以通过后期计算获得。根据获取信息的方式可分为接触式和非接触式,非接触式又可分为激光扫描技术、结构光扫描技术、立体摄影测量技术、光栅投影技术和 CT 等。

三维扫描仪属于非接触式测量系统,其实质是以光学精密工程为基础的动态测量研究。激光扫描的优

点是测量速度快,测量精度高,能准确反映曲面形状。三维扫描技术在整形外科的主要应用包括获取并建立区域人群形体外貌的标准化三维数据库,辅助计算机软件及逆向工程进行三维模型的打印,为手术提供更加精确的指导;通过术后与术前的效果评价,并进行长期随访而获取动态三维数据资料,可为临床工作提供更多的科学依据。

齐向东^[21]采用三维激光全息扫描仪采集当地标准人群的三维面部数据。Jayaratne 等^[22]利用立体三维摄影技术获取了 103 例 18~35 岁中国人的三维照片。中国人面部三维数据库的建立有助于帮助整形美容外科医师为患者量身设计手术方案,满足患者的心理需求,同时也增进了医师与患者之间的交流。在瘢痕评估中,便携式三维扫描仪的应用可以不受瘢痕局部解剖部位和结构复杂程度的限制,并有效地进行定量分析。在口腔医学中,牙颌模型三维扫描仪作为当前主流数据采集装置,其精度等指标直接决定最终修复体的适合性。在乳房测量中,三维扫描与以往测量乳房的同类方法(超声、CT、MR 三维重建等)相比,可以在自然体位下获取乳房形态数据,且其测量为非接触性,不引起组织变形。刘春军等^[23]应用精确的三维扫描技术对术后的乳房形态进行动态追踪,分析手术前后的参数变化,客观评价术后效果,为精确的个性化术前设计提供科学的客观证据,提高了临床手术效果的可控性和可预测性。Kunos 等^[24]讨论乳房体积测量的方法,描述了基于磁共振成像数字测量方法的细节,认为精确测量乳房体积有助于更好地手术规划和选择乳房假体。Henseler 等^[25]利用微软的 Kinect 系统开发了一种新型的低成本的便携式三维测量系统,并利用该系统客观地对乳房评估方法进行了改进。

5 大数据时代的整形外科

近十年来,随着基础研究积累的不断进步,在实时、无创检测手段的推动下,利用互联网数据云交换,由人群的队列研究和个体基因组、蛋白质组、代谢组、环境数据、疾病数据组成了大量的生物学数据,利用生物信息技术和大数据技术,实现精准的疾病分类和诊断。其中数字化医学技术起到了十分重要的作用。在临床运用中,努力实现疾病诊治方案的精准化研究,做到分子分型、分子预后和个体医疗。我们现阶段的任务是对高通量组学研究(基因组、转录组、蛋白组、代谢组)海量数据和患者临床信息结构化存储和数据进行管理,实现临床采样、样本分析、患者临床信息、诊疗方案等核心步骤的高效整合;开发数据库快速检索和智能化数据挖掘工具,还需配套的管理与安全维护工具,进行多角度样本对比与聚类,挖掘分子遗传信息与患者临床表现及检测报告的相关性,通过各种交互式、可视化、图形化操作界面,最终自动生成个体化医学诊断报告与治疗方案,服务于医师和患者。

6 结语

数字化医学广泛应用于整形外科的各个方面,为患者进行疾病诊断、医患沟通、医学教学、术前规划设计、手术模拟操作、优化手术器械、预测评估手术效果等提供了一种新的方法,蕴含着巨大的应用前景。

参考文献:

- [1] Rana M, Essig H, Eckardt AM, et al. Advances and innovations in computer-assisted head and neck oncologic surgery[J]. J Craniofac Surg, 2012,23(1):272-278.
- [2] Morrison CS, Taylor HO, Sullivan SR, et al. Utilization of intraoperative 3D navigation for delayed reconstruction of orbitozygomatic complex fractures[J]. J Craniofac Surg, 2013,24(3):e284-e286.
- [3] Cheng HT, Wu CI, Tseng CS, et al. The occlusion-adjusted prefabricated 3D mirror image templates by computer simulation: the image-guided navigation system application in difficult cases of head and neck reconstruction[J]. Ann Plast Surg, 2009,63(5):517-521.
- [4] 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.
- [5] Chrzan R, Urbanik A, Karbowski K, et al. Cranioplasty prosthesis manufacturing based on reverse engineering technology[J]. Med Sci Monit, 2012,18(1):MT1-6.
- [6] D'Urso PS, Hall BI, Atkinson RL, et al. Biomodel-guided stereotaxy[J]. Neurosurgery, 1999,44(5):1084-1093.
- [7] Levine JP, Patel A, Saadeh PB, 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.
- [8] Rowe CW, Katstra WE, Palazzolo RD, et al. Multimechanism oral dosage forms fabricated by three dimensional printing[J]. J Control Release, 2000,66(1):11-17.
- [9] Saijo H, Igawa K, Kanno Y, et al. Maxillofacial reconstruction using custom-made artificial bones fabricated by inkjet printing technology[J]. J

- Artif Organs, 2009,12(3):200–205.
- [10] Boland T, Xu T, Damon B, et al. Application of inkjet printing to tissue engineering[J]. Biotechnol J, 2006,1(9):910–917.
- [11] Ueda K, Tajima S, Oba S, et al. Mandibular contour reconstruction with three-dimensional computer-assisted models[J]. Ann Plast Surg, 2001,46(4):387–393.
- [12] Modabber A, Gerressen M, Stiller MB, et al. Computer-assisted mandibular reconstruction with vascularized iliac crest bone graft[J]. Aesthetic Plast Surg, 2012,36(3):653–659.
- [13] Modabber A, Ayoub N, Mohlhenrich SC, et al. The accuracy of computer-assisted primary mandibular reconstruction with vascularized bone flaps: iliac crest bone flap versus osteomyocutaneous fibula flap[J]. Med Devices (Auckl), 2014,(7):211–217.
- [14] Berrone M, Crosetti E, Succo G, et al. Repositioning template for mandibular reconstruction with fibular free flaps: an alternative technique to pre-plating and virtual surgical planning[J]. Acta Otorhinolaryngol Ital, 2014,34(4):278–282.
- [15] Wilde F, Cornelius CP, Schramm A, et al. Computer-assisted mandibular reconstruction using a patient-specific reconstruction plate fabricated with computer-aided design and manufacturing techniques[J]. Craniomaxillofac Trauma Reconstr, 2014,7(2):158–166.
- [16] Kim JW, Lee CH, Kwon TG, et al. Sagittal split osteotomy on the previously reconstructed mandible with fibula free flap[J]. J Craniofac Surg, 2014,25(5):1833–1835.
- [17] Zinser MJ, Sailer HF, Ritter L, et al. A paradigm shift in orthognathic surgery? a comparison of navigation, computer-aided designed/computer-aided manufactured splints, and “classic” intermaxillary splints to surgical transfer of virtual orthognathic planning[J]. J Oral Maxillofac Surg, 2013,71(12):e1–e21.
- [18] Matros E, Albornoz CR, Rensberger M, et al. Computer-assisted design and computer-assisted modeling technique optimization and advantages over traditional methods of osseous flap reconstruction[J]. J Reconstr Microsurg, 2014,30(5):289–296.
- [19] Brown EN, Yuan N, Stanwix M, et al. Frontal sinus mucocele development in an adult patient with Apert syndrome[J]. J Craniofac Surg, 2013,24(1):321–323.
- [20] Khechoyan DY, Saber NR, Burge J, et al. Surgical outcomes in craniosynostosis reconstruction: the use of prefabricated templates in cranial vault remodelling[J]. J Plast Reconstr Aesthet Surg, 2014,67(1):9–16.
- [21] 齐向东. 整形外科面部修复的数字化及临床应用研究[D]. 广州:第一军医大学, 2005.
- [22] Jayaratne YS, Deutsch CK, Zwahlen RA, et al. Nasal morphology of the Chinese: three-dimensional reference values for rhinoplasty[J]. Otolaryngol Head Neck Surg, 2014,150(6):956–961.
- [23] 刘春军, 吉恺, 孙晶晶, 等. 三维扫描技术检测呼吸状态对乳房整形术后体积变化的影响[J]. 组织工程与重建外科杂志, 2014,10(1):49–50.
- [24] Kunos C, Gulyas G, Pesthy P, et al. Methods and importance of volume measurement in reconstructive and aesthetic breast surgery[J]. Orv Hetil, 2014,155(11):407–413.
- [25] Henseler H, Kuznetsova A, Vogt P, et al. Validation of the Kinect device as a new portable imaging system for three-dimensional breast assessment[J]. J Plast Reconstr Aesthet Surg, 2014,67(4):483–488.

(收稿日期:2016-12-01)

本文引用格式:韩文卿, 林力, 马建华, 等. 数字化整形外科[J]. 中国美容整形外科杂志, 2017,28(1):1–4. DOI: 10.3969/j.issn.1673-7040. 2017.01.001.

读者·作者·编者

关于中英文摘要书写格式的要求

本刊中临床研究、基础研究类等文稿正文前应附 400 字以内的中、英文摘要,按目的、方法、结果、结论四要素完成。综述类文稿按指示性摘要完成,但内容应对全文有高度的概括,以 300 字以内为好。摘要采用第三人称撰写,不得使用“本文”“作者”“我们”等主语,不列图表,不引用文献,不加评论和解释。关键词 3~8 个,应正确使用医学主题词表内所列的词,必要时也可采用自由词,每个词组(汇)之间用分号隔开并间隔一字空。英文摘要与中文摘要基本对应,也可略有扩展,以便对外交流。英文摘要格式要求:文题中第一个字母为大写。作者全部列出。姓名及省、市名用汉语拼音,姓氏每个字母均大写,名字首字母大写。单位用英文书写。英文关键词第一个字母须大写,不能使用缩写词,应与中文关键词序一致,分号隔开。