·毕业后医学教育·

数字化三维手术模拟结合 3D 打印在正颌外科专科医师培训中的应用

王瑞宇　赵文丽　刘尧　祝颂松　毕瑞野

口腔疾病研究国家重点实验室/国家口腔疾病临床医学研究中心/四川大学华西口腔医院，成都　610041

通信作者：毕瑞野，Email：David-bry@foxmail.com

【摘要】 正颌外科手术复杂，强调理论与实践相结合，教学难度大，受条件限制不能开展有效的实践教学，学生难以掌握手术操作。本文将数字化三维手术模拟和 3D 打印结合应用于正颌外科专科医师培训，分别在理论知识教学、手术操作教学、总结与反思等教学环节应用数字化软件以及 3D 打印，将实践教学与理论教学相结合，积极发挥学生的主观能动性。结果显示，实验组教学评价[(3.89 ± 0.84)分)]优于对照组[(2.91 ± 1.21)分]，数字化三维手术模拟结合 3D 打印的教学模式取得了满意的效果。

【关键词】 数字化三维手术模拟；　3D 打印；　专科医师培训

【中图分类号】 R-05

基金项目：四川大学研究生教育教学改革研究项目(YJSJG057)；四川大学新世纪高等教育教学改革工程面上项目(SCU9360)

DOI: 10.3760/cma.j.cn116021-20201230-00591

Application of digital three-dimensional surgical simulation system combined with 3D printing in specialist training of orthognathic surgery

Wang Ruiyu, Zhao Wenli, Liu Yao, Zhu Songsong, Bi Ruiye

State Key Laboratory of Oral Disease Research, National Research Center of Oral Disease, West China Stomatology Hospital of Sichuan University, Chengdu 610041, China

Corresponding author: Bi Ruiye, Email: David-bry@foxmail.com

【Abstract】 The teaching of orthognathic surgery is difficult because it is complex and emphasizes the combination of theory and practice. The traditional teaching method focuses on theoretical teaching, but due to the limitation of conditions, it is difficult for students to master the operation. In this paper, we apply the digital three-dimensional surgical simulation system combined with 3D printing in specialist training of orthognathic surgery. Digital software and 3D printing are applied in the theoretical teaching, surgical operation, summary and reflection to combine practical teaching with theoretical teaching, so as to stimulate the subjective initiative of the students. The results showed that the teaching evaluation of the experimental group [(3.89 ± 0.84) points] was better than that of the control group [(2.91 ± 1.21) points]. The application of digital three-dimensional surgical simulation system combined with 3D printing has achieved satisfactory results.

【Key words】 Digital three-dimensional surgical simulation system;　3D printing;　Specialist training

Fund program: Sichuan University Program of Graduate Education and Teaching Reform (YJSJG057); Sichuan University General Program of Teaching Reform of Higher Education in the New Century (SCU9360)

DOI: 10.3760/cma.j.cn116021-20201230-00591

牙颌面畸形是指因颌骨发育异常所引起的咬合关系失调及颜面形态异常。采用外科和口腔正畸联合矫治牙颌面畸形的学科称为正颌外科[1]。与口腔颌面外科的其他专业不同,正颌外科在口腔颌面外科教材中所占篇幅少,因此正颌外科研究生在入学时缺乏基本的正颌外科知识,难以适应专业培训。为加强学生从事临床医学实际工作的能力,在教学中引入了正颌外科常规应用的数字化三维手术模拟及 3D 打印技术,取得了良好的效果。

1　正颌外科教学中的特点和存在的问题

正颌外科是研究牙颌面畸形手术矫正的一门科学,强调理论与实践相结合。正颌手术采用口内切口,手术操作在口内狭小空间内进行,许多涉及重要神经、血管的步骤只有主刀医师可以直视,其他术者由于口腔大小的限制无法观察到如何保护这些重要结构,这对年轻医师学习手术操作造成了客观上的困难[2-3]。此外,正颌手术不仅要恢复患者正常的咬合关系,而且要获得良好的容貌改善,对术者操作的精准性和审美要求较高,需要年轻医师积累足够的理论知识与手术经验方能掌握。然而由于传统教学手段的限制,教学方式以教师讲授结合图片展示为主,配合年轻医师担当住院医师期间的自主学习,以及临床工作中上级医师间断的讲解。这难以调动学生的主观能动性,不能有效解决专科医师培养过程中的难点,对于复杂的正颌手术来说这种教学方式难以准确、快速地将相关技术与知识传授给年轻医师[4-5]。

2　数字化三维手术模拟结合 3D 打印在教学中的应用

2.1　理论知识学习

因为颌面外科学本科教材中关于正颌外科的内容较少,只有浅表的基本概念介绍,所以正颌外科的研究生在起始阶段大都缺乏正颌基础知识[6-7]。因此在入学后首先结合正颌外科专业教材对学生进行理论教学,授课教材包括《正颌外科》[1]与《颌面骨骼整形手术图谱》[8]。其包括技术简介、解剖教学、手术教学三大步骤。①3D 打印与数字化技术简介。教师讲解 3D 打印与数字化技术的发展历程及其在医学领域的发展,介绍 3D 打印与数字化技术在正颌外科整个治疗流程中所起的作用,强调其在诊疗过程中的重要性。在此基础上,讲授数字化软件的基本使用方法,将患者的螺旋 CT 资料通过数字化软件进行三维重建,导出到 3D 打印机(图 1、图 2)。课后作业:每位学生独立完成一位患者的影像学三维重建并打印出颅面骨,作为后续课程的教具。②解剖知识教学。教师制作 PPT 课件,对于重要结构不仅要有传统的图片展示,而且要有基于影像学的三维动画展示。在授课过程中,学生要在自己重建的三维模型中指出重要结构,并且复述其在正颌手术中的注意点,同时也要在 3D 打印的模型上指出该结构以加深记忆。课后作业:对比自己与同班同学三维重建模型,总结不同患者间的解剖变异。③手术理论教学。在讲课之前,将每位患者的术后影像学资料发送给学生,由学生进行三维重建并 3D 打印。教师讲授时会结合数字化三维手术模拟的过程,为接下来的实操做准备。同时学生对比患者术前术后的 3D 模型,对比手术前后患者上下颌骨的变化,并总结不同手术如何对患者的外貌产生影响。教学目标包括掌握正颌外科重要解剖结构,掌握数字化软件如何处理患者影像学资料并 3D 打印成实体模型,了解正颌外科常见手术操作流程,了解数字化三维手术模拟技术。教学过程除教师结合教具讲授外,学生还自主进行了两次三维重建和两次 3D 打印,深入参与了整个教学过程,加深了对解剖结构的理解与记忆。



右侧位　正位　左侧位

图 1　术前 Dolphin 软件三维重建颅面骨



右侧位　正位　左侧位

图 2　术前 3D 打印颅面骨

2.2　手术操作学习

在学生经历过理论教学并掌握了正颌外科基础知识之后,教师开始对学生进行手术实操教学。其包括软件学习、实际操作两个步骤。①学习数字化三维手术模拟软件 Dolphin。其由经验丰富的数字化设计师进行教学,共 4 个课时。前 2 个课时采用 PPT 教学,讲授手术目标、手术设计原则、软件操作步

骤、质量控制标准。后 2 个课时上机实操，由教师带领学生在软件中对患者进行实际的手术设计，过程中学生可以对难点或者疑问进行反馈，教师解答。完成设计后教师对结果打分，不合格者继续练习。课后作业：每位学生独立对一位患者进行数字化三维手术模拟。②实际手术操作。完成基础的理论学习之后，学生即开始在正颌病房担任住院医师，参与到正颌患者的诊疗流程中，在主治医师指导下进行常规术前准备工作及术后护理工作。术前学生需对患者的影像学资料进行三维重建并打印 3D 模型，总结该患者牙颌面畸形的特点，与上级医师讨论并制定完善的治疗方案。在 Dolphin 中独立完成该患者的数字化三维手术模拟[9-10]，并交予数字化设计师修改完善。术中学生担任手术二助，观察并参与手术流程，主刀医师讲解关键手术操作，学生学习手术中突发情况的处理。术后对患者的影像学资料进行三维重建并打印 3D 模型，与术前模型进行对比，配准术前术后三维模型，测量上下颌移动距离及方向，总结手术实际操作中的难点并巩固强化(图 3、图 4)。教学目标包括掌握正颌手术三维手术模拟方法，掌握正颌手术基本操作，了解术中突发状况的处理。教学过程中学生独立参与了患者的整个治疗流程，并且独立对患者进行了手术设计，增强了学生的参与感与获得感。



右侧位　正位　左侧位

图 3　Dolphin 中进行数字化三维手术模拟



右侧位　正位　左侧位

图 4　数字化三维手术模拟后 3D 打印颅面骨

2.3　总结与反思

完成整个治疗过程以后，学生要对患者的全部资料进行总结和反思。其主要包括：①总结数字化三维手术设计的不足。学生将独立做出的手术方案设计和数字化设计师修改后的方案一同导入 Dolphin 软件中，在软件中直观展示出切骨的位置、骨块的移动方向、骨块的移动距离等，对比二者的差异，总结具体修改的内容，并与数字化设计师讨论做出这样修改的原因。②总结手术模拟与真实手术差异。在数字化软件中导入术后患者影像学，并进行三维重建，同时将数字化三维手术设计的结果也导入数字化软件中，对二者进行配准，测量手术设计与真实手术的差异。总结如何正确参考手术设计进行手术，以及术中微调手术方案的原因。将结果与主刀医师进行讨论，反思不足之处。③利用 3D 打印模型重现手术过程。学生参考手术方案，在术前 3D 打印的患者颅面骨模型上使用矢状锯等器械进行切骨，对切开后的骨块移动、对位，使用树脂进行固定以模拟整个手术流程。将模拟后的模型与术后 3D 打印模型进行对比，总结哪些操作还没有熟悉或者掌握，并重复模拟手术操作。④审美水平的提高。待患者术后三个月复诊时，获取患者的三维面相，与术前患者的三维面相进行对比，观察手术为患者带来了哪些改变；在数字化软件中测量出患者重要软组织标志点的移动量，与骨组织的移动量进行对比，总结软组织改变与骨组织改变的不同，思考手术设计时如何达到形态与功能协调。术后的总结与反思让学生从多角度完善正颌外科知识，提高学生的临床思维，充分发挥了学生的主观能动性。

2.4　针对性的反馈与改进

每月组织一次疑难病例讨论，每位学生需以PPT的形式讲解一位患者的整个治疗流程，包括入院诊断、初步手术方案、数字化三维手术设计的步骤和结果、手术操作步骤、术中对手术方案设计的调整、术中突发状况的处理、真实手术与模拟手术的差异、患者术前术后三维面相的对比、诊疗流程中可改进的内容、自我收获与感悟。上级医师对每位学生的讲课提出指导意见并打分。另外，每个月组织主治及主任医师以及数字化设计师针对每位学生的表现进行打分；并针对性地提出每位学生的薄弱之处，例如理论知识、手术模拟、手术操作等，为每位学生制定个性化的教学方案。对学生提出的教学流程的改进与完善意见，研究者也组织学生一同讨论，不断完善整个教学模式。

3　初步效果

本科室于 2020 年开始应用“数字化三维手术模拟结合 3D 打印”教学。因此，选取华西口腔医学院正颌外科 2020 级硕士研究生共 12 人作为实验组；

2019级硕士研究生(共 12 人)仍然应用传统方法教学,作为对照组。同一教学队伍对两组学生进行教学,教学总时间相同,两组在性别、成绩方面差异无统计学意义。本研究参考了国家颌面外科专科医师规范化培训(颌面整形与修复方向)培养大纲及四川省颌面外科住院医师规范化培训的教学目标,制定了正颌外科住院医师培养的标准和评价体系。其主要包括以下三个方面:①掌握正颌外科解剖知识;②掌握常见正颌外科手术的基本操作方法;③掌握术中及术后常见手术并发症的处理方法,熟悉复杂并发症的处理方法。采用知识评价问卷,在课程结束后比较两组学生对这三个方面知识的掌握程度。结果显示:①实验组评分[(3.89 ± 0.84)分]高于对照组[(2.91 ± 1.21)分];②实验组中有 11 位学生分数≥3 分(优秀),对照组中只有 6 位学生分数≥3 分(优秀)。这提示"数字化三维手术模拟结合 3D 打印"教学模式下研究生对于正颌外科的理论知识及操作能力的掌握效果优于传统教学方式。

4　结语

4.1　数字化三维手术设计及 3D 打印在教学中的优势

4.1.1　实践操作教学可视化、直观化

正颌外科强调理论与实践相结合,仅有理论知识无法成长为一名合格的正颌外科医生。传统的教学方式注重理论知识的教授,忽视了实践教学的重要性;而且由于正颌外科手术操作空间小的特点,实践教学难以开展。新的教学模式将实践操作可视化、直观化,教学效果评价显示实验组的学生对手术相关解剖、手术操作以及手术并发症掌握程度的评分优于对照组。在教学应用中,数字化三维手术模拟可以完整模拟手术操作过程,教师可以在软件中指导手术重要的操作步骤;同时,3D 打印提供了颅面骨的实体模型,可直观展示手术前后患者的变化;在 3D 打印模型上也可以进行手术操作,加深学生的记忆;另外,虚拟操作还可以重复进行,对同一个患者可以不断尝试不同的手术方式,体会手术方案设计的合理性和重要性,不断完善学生的技能操作水平,加强理论与实践的结合。

4.1.2　建立良好的学习习惯,充分发挥学生的主观能动性

以往的教学过程中,教师与学生缺乏互动,教师无法掌握学生的学习进度,也没有办法了解学生学习的薄弱点,而学生也只能被动接受知识,缺乏学习动力。新的教学模式中,学生动手机会显著增加,可以重复进行手术操作练习,许多学生在这个过程中发现了自己手术操作的不足之处,并且针对性地进行提高;每月一次的疑难讨论,也敦促学生将复杂患者的病例资料收集起来并进行总结,将重点和难点反馈给教师并请教师进行解答。

4.2　不足之处

在实际应用过程中,该教学尚存在一些局限性,如虚拟手术无法提供真实手术触感,也无法真正模拟正颌手术空间狭小的操作难点,对于重要血管神经的模拟尚不够完善,与真实手术存在一定差距,学生在真正手术时仍然缺乏经验。随着技术的革新,将探索能更加真实地模拟手术环境的教学模式和技术,为学生提供一个更好的教学环境。

利益冲突　所有作者均声明不存在利益冲突

作者贡献声明　王瑞宇、赵文丽、刘尧:提出论文构思、撰写论文;祝颂松、毕瑞野:总体把关、审订论文

参考文献

[1] 胡静, 王大章. 正颌外科[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2006.

[2] Naran S, Steinbacher DM, Taylor JA. Current concepts in orthognathic surgery [J]. Plast Reconstr Surg, 2018, 141(6): 925e-936e. DOI: 10.1097/PRS.0000000000004438.

[3] Olate S, Sigua E, Asprino L, et al. Complications in orthognathic surgery [J]. J Craniofac Surg, 2018, 29(2): e158-e161. DOI: 10.1097/SCS.0000000000004238.

[4] 王珂, 项涛, 汤亚玲, 等. 3D 打印技术在口腔颌面外科实验教学中的应用[J]. 国际口腔医学杂志, 2018, 45(1): 119-124. DOI: 10.7518/gjkq.2018.01.023.

[5] 颜光启, 啜文钰, 杨鸣良, 等. 数字化技术在正颌外科及创伤外科临床教学中的应用[J]. 中国口腔颌面外科杂志, 2017, 15(5): 463-465. DOI: 10.19438/j.cjoms.2017.05.017.

[6] 沈末伦, 王旭东. 数字化三维手术模拟在正颌外科专科医师培训中的应用[J]. 中国医学教育技术, 2016, 30(3): 310-313. DOI: 10.13566/j.cnki.cmet.cn61-1317/g4.201603021.

[7] 何锦泉, 朴正国, 欧阳可雄, 等. 数字化三维设计与模拟系统在正颌外科教学实践中的应用[J]. 课程教育研究, 2018(6): 74-75.

[8] 胡静, 王大章. 颌面骨骼整形手术图谱[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2013.

[9] Rubio-Palau J, Prieto-Gundin A, Cazalla AA, et al. Three-dimensional planning in craniomaxillofacial surgery [J]. Ann Maxillofac Surg, 2016, 6(2): 281-286. DOI: 10.4103/2231-0746.200322.

[10] Van den Bempt M, Liebregts J, Maal T, et al. Toward a higher accuracy in orthognathic surgery by using intraoperative computer navigation, 3D surgical guides, and/or customized osteosynthesis plates: a systematic review [J]. J Craniomaxillofac Surg, 2018, 46(12): 2108-2119. DOI: 10.1016/j.jcms.2018.10.012.

(收稿日期:2020-12-30)
(本文编辑:唐宗顺)