·临床教学·

# 3D打印实训在耳鼻喉专业研究生教育中的实践研究

王艺　董有康　张琨
650021　昆明,云南中医学院临床医学院耳鼻咽喉教研室
通信作者:张琨,Email:279070795@qq.com
DOI:10.3760/cma.j.issn.2095-1485.2018.04.019

【摘要】 **目的**　探讨 3D 打印实训在耳鼻喉专业研究生实践教学中的价值。**方法**　选择中西医结合眼耳鼻喉专业研究生 42 名;其中对照组 20 人,采用传统教学方法;实验组 22 人,采用 3D 打印实训教学。通过问卷调查、理论考核和实践考核成绩评价教学效果,组间数据比较应用 SPSS 17.0 进行 $t$ 检验。**结果**　教学方式调查评估,对照组平均分为(59.4 ± 3.5),实验组为(64.6 ± 3.6);理论考核成绩显示,对照组平均分(75.7 ± 5.1),实验组为(81.5 ± 7.7)分;实践操作考核显示,对照组成绩平均分为(74.5 ± 5.8),实验组为(80.9 ± 6.9);组间差异均有具有统计学意义($P$<0.05)。**结论**　研究生对 3D 打印实训教学方式的认可度要明显高于传统教学,教学效果也优于传统教学。

【关键词】 耳鼻咽喉科研究生;　3D 打印技术;　医学教育;　临床能力
【中图分类号】 R-05
**基金项目**:云南省科技计划项目(2014FZ094)

**The experimental study of 3D printing technology practical training for the education of graduate students of otorhinolaryngology**

*Wang Yi, Dong Youkang, Zhang Kun*
*Department of Otorhinolaryngology, Clinical College, Yunnan University of Traditional Chinese Medicine, Kunming 650021, China*
*Corresponding author: Zhang Kun, Email: 279070795@qq.com*

【**Abstract**】 **Objective**　To investigate the value of 3D printing technology practical training applied in practical teaching of graduate students of otorhinolaryngology. **Methods**　Total 42 graduate students of otorhinolaryngology were divided into control group (20) and experimental group (22) randomly. The control group received traditional teaching mode while the experimental group received 3D printing technology practical training mode. The effect of teaching modes was evaluated by questionnaire and theoretical and practical examinations. The data were analyzed through $t$ test of SPSS 17.0. **Result**　Questionnaire survey of the different teaching modes showed that: the average score of control group was (59.4 ± 3.5), while that of experimental group was (64.6 ± 3.6). Theoretical examination score showed that: the average score of control group was (75.7 ± 5.1), while that of experimental group was (81.5±7.7). Practical examination score showed that: the average score of control group was (74.5 ± 5.8), while that of experimental group was (80.9 ± 6.9). All the differences are statistically significant ($P$<0.05). **Conclusion**　The recognition degree of 3D printing technology practical training in these graduate students was significantly higher than that of the traditional teaching mode, and the teaching effect from 3D printing technology practical training was better compared with that from the traditional teaching mode.

【**Key words**】 graduate students of otorhinolaryngology;　3D printing technology;　medical education;　clinical competence
**Fund program:** Science and Technology Project of Yunnan Province(2014FZ094)

3D 打印技术（three-dimensional printing technology）是快速成型技术的一种，是以计算机建立的虚拟数字模型为蓝本，运用塑料、陶瓷、粉末状金属等“打印材料”，通过 3D 打印机分层加工、叠加成型来构造物体的技术。可以实现虚拟物体转化为实体，具有无须机械加工而能够实现设计者所需的任何形状的物件的优点[1]。医学上已成功应用于矫形假体制作、医用高分子材料制备等领域，随着近年来 3D 打印技术的成熟、普及，以及使用成本的降低，其在医学教育方面的探索性应用已经展开[2-3]。

耳鼻喉科学因为其解剖的特殊性：耳、鼻、咽、喉与头颈、口眼、颅底、外周神经等结构相邻，且位于颅面深处，腔狭洞深且曲折，解剖结构精细复杂，实训教学具有一定的难度。传统教学对训练研究生的解剖立体空间思维，实现熟悉掌握这些解剖结构的目标周期比较长，难度比较大。而 3D 打印技术可以将解剖构造细节最大限度重建，将平面信息立体化，并可以在重建的立体解剖器官上进行训练，这就解决了传统教学的一部分问题，同时实现了对学生解剖空间思维的训练以及实践操作的模拟这一目的，提高了学习的趣味性并教会学生掌握一种新的技术，值得初步探索。

## 1　对象与方法

### 1.1　研究对象

本研究共纳入 2012 至 2015 级中西医结合眼耳鼻喉专业研究生 42 名，其中男生 28 名，女生 14 名；年龄 24~27 岁。其中 2012 级、2013 级研究生共 20 人，采用传统教学；2014 级、2015 级研究生共 22 人，采用 3D 打印实训教学。两组受试者均为本科应届毕业生，参加研究时间段都为研究生学习阶段的第一学期，且本科阶段未系统学习过耳鼻咽喉科学，也未进行过相关计算机图像处理软件的操作培训。年龄、性别、受教育程度等一般资料比较无统计学意义（$P>0.05$），具有可比性。对研究对象的考核内容由计算机从同一题库中生成，以实现题目内容及难度的同质化。

### 1.2　教学方法

#### 1.2.1　传统教学方法

由耳鼻喉科教研室安排实验教师。解剖实验教学以常规教学方式分阶段进行，即理论授课阶段，示范解剖尸头标本阶段。研究生在课堂上通过听讲、观察解剖标本等方式进行学习，学习时间分为 9 次课，每次 4 学时，一共 36 学时。

#### 1.2.2　3D 打印实训教学

3D 打印实训不仅仅是一项技术的学习应用过程，也是一个分阶段的数字虚拟解剖模型学习渐进过程。学习时间与传统教学方法相同，分为 9 次课，每次 4 学时，一共 36 学时，并分为以下几个学习阶段。

①三维建模软件教学阶段。本阶段要求研究生初步学会建模。目前可通过简单的软件 3Ds Max、CAD、Google Sketchup 等建立初步模型。先由教研室提供大量学习资源以及数字模型，并在教学实施之前选择相对简单的模型案例用作学生的参考，逐步练习虚拟构图建模。在学习虚拟构图建立解剖模型的同时，研究各个精细解剖结构的空间相对位置。软件操作练习则由学生课后自行练习，自行练习所得的建模虚拟作品作为作业在课堂上交流，并进行相互评价修正。

②虚拟数字模型转换为 3D 打印标准格式教学训练阶段。此阶段的教学最为重要，是精细结构的二维定位形成三维空间结构的过程。该阶段教学目的同时也包含研究生影像学阅片能力的训练。目前虚拟数字模型的数据，即医学数字影像格式（digital imaging and communications in medicine，DICOM）的最主要来源是 CT 和 MRI。教学过程是让学生应用 Mimics 系列模块化结构软件，根据实际需要，将不同解剖结构区域进行薄层扫描，从而得到想要的独立解剖结构 DICOM 数据。并同时进行重点解剖结构着色渲染[4-5]。在进行相关参数设定后，最终生成“. STL”文件。

③实体打印训练及手术模拟应用教学阶段。该教学阶段，目的是让学生将计算机生成的“. STL”文件数据输入到 3D 打印机，打印机通过读取模型横截面数据信息，通过反复的精度调校，打印体积大小设定后，用可塑形材料将这些截面逐层打印、堆叠从而制造出一个实体。学生根据该实体进行相关重要相邻部位手术模拟拆卸组合练习，比如半规管、耳蜗和面神经之间的空间定位和毗邻关系分析。此过程中可以模拟颞骨手术过程，对乳突、耳甲腔、鼓膜、听骨链按照手术标准操作步骤逐层分离拆卸，以达到训练目的。

### 1.3　教学效果评价

教学结束后，采用教学方式评价表进行测评（表1）。让学生对两种教学方式及教学效果进行无记名评价，并对评分结果进行分析比较。学生掌握情况则采用理论成绩和实践操作成绩进行考核成绩

比较($\bar{x} \pm s$)。其中理论成绩为解剖试卷作答(满分为100);实践操作成绩为教学模型解剖标志辨认、尸头解剖操作评分(满分为 100)。

**表 1**　教学方式评价表

| 评分项目 | 分值 | 分数 |
|---|---|---|
| 学习内容的直观性 | 10 | |
| 学习内容的趣味性 | 10 | |
| 我的主动参与感 | 10 | |
| 理论知识记忆的难易程度 | 10 | |
| 自我感觉掌握效率 | 10 | |
| 内容和实践技能的联系程度 | 10 | |
| 课程教学手段的评价 | 10 | |
| 总分 | | |

注:以主观评价作为评判标准分数,从低值到高值,分别是 1 分至 10 分,满分 70 分

### 1.4　统计学分析

选择 SPSS 17.0 统计软件进行数据分析,计量资料以均数 ± 标准差($\bar{x} \pm s$)表示,比较采用 $t$ 检验;检验水准 $\alpha$=0.05。

## 2　结果

### 2.1　教学方式评价结果

学生对两种教学方式进行评价，统计结果显示:传统教学组评估平均分(59.4 ± 3.5),高于 3D 技术教学组平均分(64.6 ± 3.6。学生对 3D 技术教学方法认可度高于传统教学方法。

### 2.2　学生考核结果

对研究生进行理论和实践操作进行考核,3D 技术教学组的两项得分都高于传统教学组(表 2),具体分析比较如下。

理论考核成绩:传统教学组平均分为(75.7 ± 5.1),其中优秀(80 分以上)者 5 人,占 25% ;良好(70~79 分)者 14 人,占 70%;合格(60~69 分)者 1 人,占 5%;无不及格者。3D 技术教学组理论考核成绩平均分为(81.55 ± 7.7),其中优秀(80 分以上)者 12 人,占 54.5%;良好(70~79 分)者 9 人,占 40.9%;合格(60~69 分)者 1 人,占 4.6%;无不及格者。

实践操作成绩:传统教学组平均分为(74.5 ± 5.8),其中优秀(80 分以上)者 5 人,占 25% ;良好(70~79 分)者 11 人,占 55%;合格(60~69 分)者 4 人,占 20%;无不及格者。3D 技术教学组实践操作成绩平均分为(80.9 ± 6.9),其中优秀(80 分以上)者 10 人，占 45.5%；良好（70~79 分）者 12 人,占 54.5%;无不及格者。

**表 2**　教学方式评分及学生考核结果比较( $\bar{x} \pm s$,分 )

| 分组 | 人数 | 教学方式评分值 | 理论考核成绩 | 实践操作成绩 |
|---|---|---|---|---|
| 传统教学组 | 20 | 59.4 ± 3.5 | 75.7 ± 5.1 | 74.5 ± 5.8 |
| 3D实训教学组 | 22 | 64.6 ± 3.6[a] | 81.5 ± 7.7[b] | 80.9 ± 6.9[c] |
| $t$值 | | 4.780 | 2.854 | 3.270 |
| $P$值 | | 0.000 | 0.007 | 0.002 |

## 3　讨论

### 3.1　耳鼻喉专业研究生教育的特点与难点

耳鼻喉科学硕士研究生临床能力的培养是教育中的重点与难点。学科涉及的解剖结构精细、复杂。从教学角度而言,传统教学过程中,学生面对的是平面图片,而图片承载的信息量非常有限,掌握起来较为困难,直观教学难度较大;从实践操作角度而言,传统教学仅能由实验教师进行解剖演示,学生不能亲自动手解剖,加上各解剖结构精细,且与眼、大脑等重要器官毗邻,手术需在显微镜下操作,掌握困难。而临床能力培养是一个循序渐进的过程,需要经过熟悉解剖结构、尸体训练、临床操作实践这三个必需环节。但是在目前的医疗体制及环境下,研究生得到操作实践的可能性小,带教教师不敢放手。因此出现研究生毕业后临床手术能力较弱,需要较长时间成长才能胜任临床的尴尬局面[6]。而 3D 实训教学基本解决了这一问题,可以使解剖空间思维的训练以及虚拟临床操作实践训练同步进行。

### 3.2　3D 打印实训在耳鼻喉专业研究生教育中的重要意义

3D 打印实训不同于传统教学的特点为:首先是计算机运用能力的培养;其次为影像学阅片能力及图片采集能力训练;再次为精细结构的二维定位形成三维空间结构的思维形成训练过程;最后则是对 3D 打印成品进行模拟临床操作实践。这四个过程中难度最大是二维图像形成三维空间结构的思维转换过程,这个过程中研究生必须掌握把平面图层堆叠建立成立体结构的构成这一能力。从构思到建模的训练过程极其重要,因为学习“三维建模软件”和“虚拟数字模型转换为 3D 打印标准格式” 的过程其本身就是立体解剖思维形成训练过程,也是熟悉耳鼻喉等解剖结构和再造的过程。3D 打印技术只是一种手段,是让研究生通过再构建解剖结构,不断熟悉和强化其解剖结果的过程,从而对复杂结构认识、理解进一步深化。模型实体的打印除了用于尸体解剖课的课程学习外,同时也为手术模拟训练提供可靠辅

助途径,弥补了标本昂贵、种类有限、不能充分满足研究生解剖实训需要的不足。因为模型实体可以模拟真实的手术操作步骤,演示异常结构的空间布局、病变部位与周围组织的关系,实现了术前提前设计模拟,避开重要组织结构。例如,筛窦、眼眶纸样板、颅底的比邻关系精细复杂[7],不经过大量实践操作,一点误差就会造成严重后果,而模型实体操作则可以实现对预手术患者的特殊解剖结构进行重建,并在施行手术前进行模拟手术,提前发现术中可能面临的问题及预测手术结局,降低潜在风险,提高手术质量和安全性,提高手术成功率。

**3.3** 3D 打印实训教学的优势

通过教学方式评价分数的统计分析可以看出,研究生对该教学方式的认可度明显高于传统教学,课堂的气氛、课后作业完成的积极性、主动参与度都有明显不同;通过对研究生的理论考核成绩、实践操作成绩的考察评估,3D 打印实训的教学效果也优于传统教学。经过对曾经接受过 3D 打印实训的研究生后期工作情况考察了解,该群体在临床各项实践操作的掌握速度和熟悉程度要明显优于传统教学培养的学生,甚至有少数学生在毕业前就能够在教师指导下独立完成某些常规的二级手术。

3D 打印技术目前已应用于工业、建设、生物、医学等各个领域,被誉为推动了世界第三次工业革命。随着 3D 打印技术普及, 为教师提供了标准化和可触化的医学教育技术,缩短了研究生从课堂到临床的过渡时间,在一定程度上帮助了研究生尽快实现临床实践操作,避免了无法独立手术的窘境;实现了让研究生在学习中充分发挥能动性和创造性,激发了研究生对知识主动探索的欲望。与此同时,3D 打印实训也为学生提供了一种技能和工具,并将在其成长为合格的临床医生过程中起到重要的作用。但是, 目前 3D 打印技术在医学领域中的应用也存在着一些缺陷,比如材料易碎、成本高以及三维建模培训及打印耗时长等诸多方面问题,其广泛的推广及充分应用还待该技术进一步的成熟[8]。3D 打印实训目前在教学实施过程中也存在一些问题:比如对教师的素质要求较高,除了较强的临床能力以外,同时也需要较高的计算机应用能力,必要时还需要专业的计算机软件工程师的指导;需要由放射科提供大量的数据来构建教学素材,因此在教学筹备的过程中需要花费大量精力。另外,对硬件配备要求也较高,需要配备专门的 3D 建模实训室,并建立完善的教学质控标准。因此,3D 打印技术要成熟应用于研究生教学仍然有较长的路要走,仍需不断探索和努力。

**利益冲突**　无

**作者贡献声明**　王艺:撰写、修改文章,实施研究方案;董有康:整理、分析数据,协助修改文章;张琨:提供研究思路,设计研究方案,总体把握全文

**参考文献**

[1] 周伟民, 闵国全,李小丽. 3D 打印医学[J]. 组织工程与重建外科杂志, 2014, 10(1): 1-3. DOI: 10.3969/j.issn.1673-0364.2014.01.001.
Zhou WM, Min GQ, Li XL. 3D printing in medicine [J]. Journal of Tissue Engineering and Reconstructive Surgery, 2014, 10(1): 1-3. DOI: 10.3969/j.issn.1673-0364.2014.01.001.

[2] Preece D, Williams SB, Lam R, et al. "Let's get physical": advantages of a physical model over 3D computer models and textbooks in learning imaging anatomy [J]. Anat Sci Educ, 2013, 6(4): 216-224. DOI: 10.1002/ase.1345.

[3] Torres K, Staśkiewicz G, Śniezyński M, et al. Application of rapid prototyping techniques for modelling of anatomical structures in medical training and education [J]. Folia Morphol (Warsz), 2011, 70(1): 1-4.

[4] Challoner A, Erolin C. Creating pathology models from MRI data: a comparison of virtual 3D modelling and rapid prototyping techniques [J]. J Vis Commun Med, 2013, 36(1-2): 11-19. DOI: 10.3109/17453054.2013.790011.

[5] Wulf J, Rohde I, Koppe T, et al. Three-dimensional micro-imaging (μCT) based physical anatomic teaching models: implementation of a new learning aid for routine use in anatomy lectures [J]. Stud Health Technol Inform, 2012, 173: 549-551.

[6] 陆美萍, 岳国峰. 耳鼻咽喉科硕士研究生临床能力培养的思考[J]. 中国高等医学教育, 2011(5): 108-109. DOI: 10.3969/j.issn.1002-1701.2011.05.054.
Lu MP, Yue GF. Some thoughts of clinical ability training for graduate students of otorhinolaryngology [J]. China Higher Medical Education, 2011(5): 108-109. DOI: 10.3969/j.issn.1002-1701.2011.05.054.

[7] Sorensen MS, Mosegaard J, Trier P. The visible ear simulator: a public PC application for GPU-accelerated haptic 3D simulation of ear surgery based on the visible ear data [J]. Otol Neurotol, 2009, 30(4): 484-487. DOI: 10.1097/MAO.0b013e3181a5299b.

[8] 贺超良, 汤朝晖, 田华雨, 等. 3D 打印技术制备生物医用高分子材料的研究进展[J]. 高分子学报, 2013(6): 722-732. DOI: 10.3724/SP.J.1105.2013.12430.
He CL, Tang ZH, Tian HY, et al. Progress in the development of biomedical polymer materials fabricated by 3-dimensional printing technology [J]. Acta Polymerica Sinica, 2013(6): 722-732. DOI: 10.3724/SP.J.1105.2013.12430.

(收稿日期:2017-11-14)
(本文编辑:唐宗顺)