·临床教学·

应用 3D 建模打印技术构建创伤骨科临床教学模型初探

毛炳焱　王文聪　李际才　胡志喜　贺用礼　王强　王常青　唐举玉
415300　常德，长沙医学院附属石门医院骨科（毛炳焱、王文聪、李际才、胡志喜、贺用礼、王强），放射科（王常青）；410008　长沙，中南大学湘雅医院手显微外科（唐举玉）
通信作者：唐举玉，Email：tangjuyu7749@163.com
DOI：10.3760/cma.j.issn.2095-1485.2018.06.013

【摘要】　目的　探讨 3D 建模打印技术构建骨折模型辅助创伤骨科临床教学的可行性与效果。**方法**　利用患者 CT 扫描断层数据通过 Mimics 软件重建，构建三维立体数字化骨折模型，输出交互式多媒体教学视频，同时通过熔融沉积成型技术（fusion deposition modeling，FDM）打印出骨折模型辅助创伤骨科临床教学，课后采用问卷调查评价教学效果。**结果**　完成创伤骨科常见部位骨折的数字化模型建立，打印出 1:1 创伤骨科教学模型，输出交互式多媒体教学视频。教学效果调查问卷显示，应用 3D 建模打印技术构建骨折模型结合 PPT 讲授，能明显提高学生对于创伤骨科相关理论知识、骨折类型、内固定方式选择的理解和掌握，取得满意效果。**结论**　应用 3D 建模打印技术构建骨折模型辅助创伤骨科临床教学，能激发医学生学习热情，提高学习效果，具有良好的应用价值。

【关键词】　医学生；　3D 打印技术；　教学模型；　创伤骨科
【中图分类号】　R6

A preliminary exploration of the application of 3D modeling and printing technology for the construction of clinical teaching models in the department of orthopedic trauma

Mao Bingyan, Wang Wencong, Li Jicai, Hu Zhixi, He Yongli, Wang Qiang, Wang Changqing, Tang Juyu
Department of Orthopaedic Surgery, Shimen Hospital of Changsha Medical School, Changde 415300, China (Mao BY, Wang WC, Li JC, Hu ZX, He YL, Wang Q); Department of Radiology, Shimen Hospital of Changsha Medical School, Changde 415300, China (Wang CQ); Department of Hand and Microsurgery, Xiangya Hospital of Central South University, Changsha 410008, China (Tang JY)
Corresponding author: Tang Juyu, Email: tangjuyu7749@163.com

【Abstract】　Objective　To explore the feasibility and effect of 3D modeling and printing technology in constructing bone fracture models and assisting clinical teaching at the department of traumatic orthopedics. **Methods**　CT scan images of bone fractures were reconstructed by Mimics software. The digital 3D bone fracture models were constructed and the interactive multimedia teaching videos were output. Moreover, all bone fracture models were printed by using fusion deposition modeling (FDM). At the end of the teaching course, a questionnaire survey was conducted to evaluate the teaching effect. **Results**　The digital models of common bone fractures at the department of traumatic orthopedics were established, and the interactive multimedia teaching videos were output. A traumatic orthopedic teaching model with a 1:1 scale was printed out. The questionnaire survey indicated that the application of 3D modeling and printing technology to build bone fracture model with PPT teaching can obviously improve students' understanding and mastery of relevant theoretical knowledge. They helped students better remember the type of bone fractures and how to choose the correct internal fixation methods. The teaching effect was satisfactory. **Conclusions**　3D modeling and printing technology was applied to build bone fracture models to assist clinical teaching at the department of traumatic orthopedics. It was found that the printed 3D bone fracture models can stimulate students' enthusiasm for learning and improve their learning effect. This method has good application value.

【Key words】　Medical students;　3D printing technology;　Teaching model;　Traumatic orthopedics

随着数字化技术的不断发展与普及，数字技术在医学临床工作中不断融合交互，尤其在骨科临床工作中更是得到明显体现。在传统骨科学教学中仅采用平面图、X 线平片、文字描述等教学方法，不但教师感觉难以生动形象地描述骨折情况，医学生通常也感到内容枯燥乏味，难以接受，影响教学效果。近年来不断有学者将 3D 打印相关技术应用于临床教学活动中并取得较好效果[1-4]，本研究通过将骨折患者 CT 扫描断层图像 dicom 数据导入 Mimics 软件构建高精度三维立体模型，输出交互式多媒体教学视频，通过 Cura 切片软件处理后采用熔融沉积成型技术(fusion deposition modeling，FDM)打印制作 1:1 等比例骨折模型辅助创伤骨科临床教学，取得良好效果。

1　材料与方法

1.1　仪器设备及软件

CT：GE Optima CT680(层厚 0.625 mm，层距 0.625 mm)；计算机：DELL inspiron 14 7000 series；3D 打印机：Micromake D1；软件主要为 Mimics 18.0、Cura 15.04。

1.2　设计过程

1.2.1　创伤骨科三维立体模型构建

将患者骨折部位 CT 断层扫描 dicom 格式数据导入 Mimics，使用阈值分割工具，精确选取每层骨骼轮廓生成骨骼原始蒙罩(Mask)。根据解剖结构对原始蒙罩编辑，在充分编辑好的原始蒙罩通过calculate 3D 获得相关结构三维重建模型。将相关三维立体模型输出交互式视频以及 STL 格式文件以备接下来的 3D 打印(图 1)。

1.2.2　等比例骨折模型教具的打印

将前期所获得的 STL 格式文件导入 Cura 切片机软件中，根据具体模型设计支撑文件，输入 3D 打印机中采用 FDM 打印出 1:1 比例骨骼模型教具(图2)。

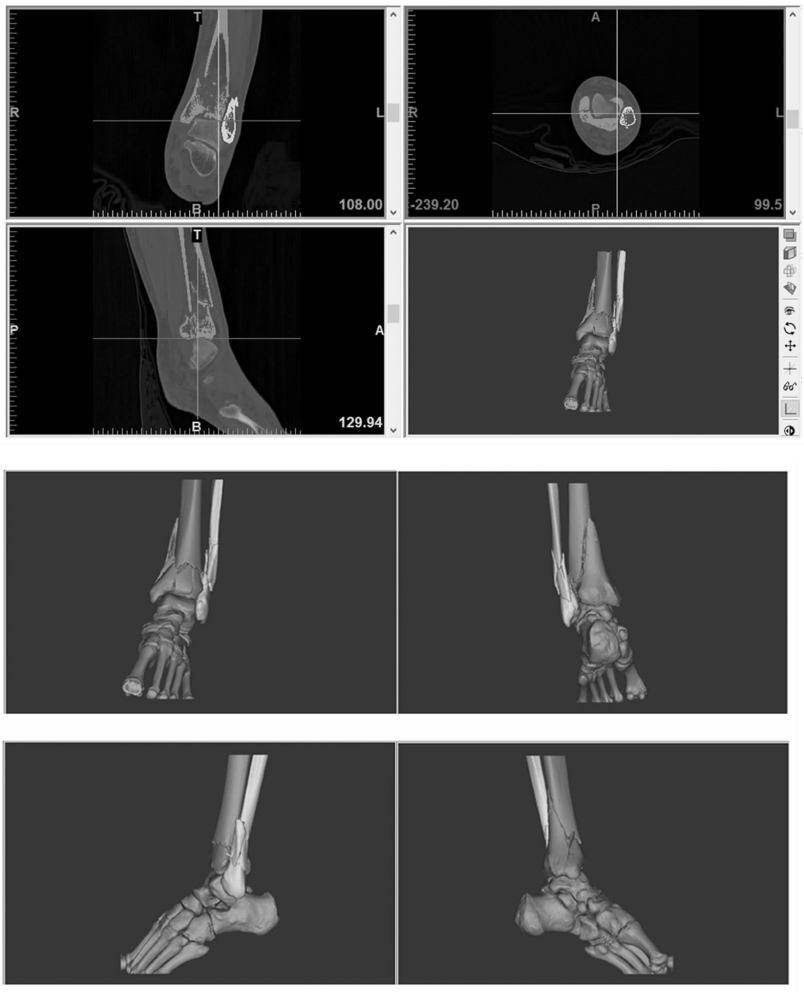


图 1　Mimics 18.0 软件中三维立体模型的建立以及四视图观察

1.3　教学方法

在踝关节骨折、胫骨平台骨折以及肱骨近端骨折等创伤骨科常见疾病的临床教学中，应用 3D 建模打印技术构建骨折模型结合传统 PPT，向学生讲解骨折类型、内固定方式选择等创伤骨科相关知识，充分利用 3D 打印出 1:1 等比例骨骼模型结合输出交互式多媒体教学视频进行讲解。学生课间、课后针对性提问。

1.4　教学效果评价

教学结束后，发放教学效果问卷调查表，内容包括等比例骨折模型质量，帮助学习解剖结构，帮助分析骨折类型，帮助选择内固定方式，提升学习兴趣等方面。评分标准分为非常满意(5 分)、满意(4 分)、一般(3 分)、不满意(2 分)、非常不满意(1 分)5 个级别。计算问卷各方面满意率。教学效果问卷调查表缺项评为无效问卷，不纳入统计。

2　结果

本研究利用患者 CT 扫描断层 dicom 数据导入 Mimics 18.0 软件，通过阈值分割等操作构建三维立体模型，再经 Cura 15.04 切片软件切片，输出 STL 文件通过 3D 打印出 1:1 等比例骨科教具，获得踝关节、胫骨平台、肱骨近端等创伤骨科常见病多发病模型，结合输出交互式多媒体教学视频辅助创伤骨科的临床教学。

课后发放教学效果问卷调查表 86 份，回收 86 份，回收率 100%，问卷结果由教学研究组教师收集、整理、分析。结果显示，构建三维立体数字化骨折模型用于辅助创伤骨科临床教学的授课方式能帮助学生学习解剖结构空间关系，帮助分析理解骨折类型，充分了解内固定方式的合理分布选择，激发学习兴趣，结合交互式多媒体教学视频有利于学生课后复习。对于等比例骨折模型质量少部分学生不满意，主要原因在于 3D 打印过程中添加的支撑结构对于模型精准度的影响(表 1)。

3　讨论

3.1　传统创伤骨科临床教学方式的不足

在传统骨科学临床教学中，主要通过教师讲述疾病诊断治疗的一般方法，即依靠病史询问、常规体格检查、X 线、常规 CT 或者 MRI 等辅助检查得出诊断结果，教师讲述手术方法和治疗经验。这一传统“灌输式”教学模式严重阻碍教与学之间的桥梁，通常导致教师讲解和学生学习两方面都费时费力，严重制约学生二维到三维空间想象能力的开发[5]。对于创伤骨科常用骨折分型不能很好地理解，更谈不上应用；对于骨科常见疾病的局部解剖以及临近重要解剖结构也难掌握。因此无法理解手术入路的选择以及手术中的重点与难点。另外因轮科实习安排导致每个实习医学生在实习期间遇到的病例各不相同，一些经典或者特殊类型病例无法长期作为教材保留下来，导致骨科临床学习过程存在不少的机会性。

3.2　构建三维立体数字化骨折模型用于辅助创伤骨科临床教学方法的优点

3D 建模打印技术根据各个不同患者个体化疾

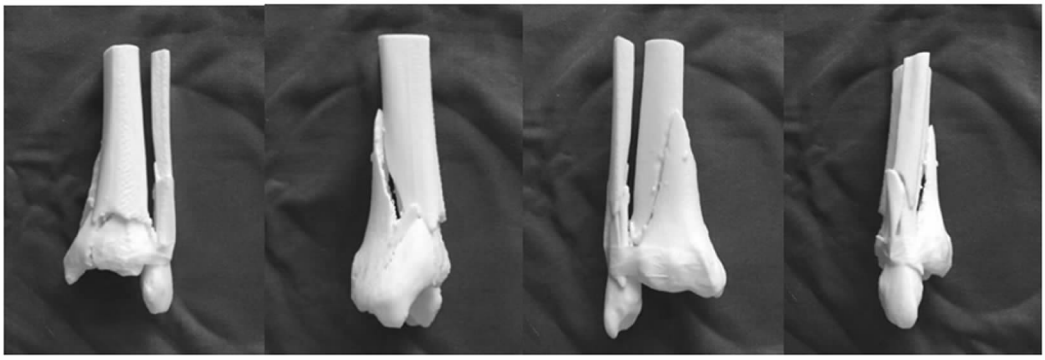


图 2　等比例骨折模型教具

表 1　教学效果问卷调查结果（n=86）

项目	等比例骨折模型质量	帮助学习解剖结构	帮助分析骨折类型	帮助选择内固定方式	提升学习兴趣
评分（$\bar{x} \pm s$，分）	4.62 ± 0.54	4.79 ± 0.41	4.92 ± 0.28	4.90 ± 0.31	4.73 ± 0.45
满意率（%）	97.67	100	100	100	100

病情况,真实反映患者疾病的情况。不仅能明确骨折发生的部位、粉碎程度,还可以从多角度、多方位、组合或者单一来观察,并且能直观了解不同骨折类型,有利于明确诊断,理解致伤机制。在教学工作中,通过讲述中的“听”、可视化视频中的“看”以及骨折模型教具中的“触”等多方位全面理解所学知识。由此可见 3D 打印建模技术可以提高学生对于疾病诊断的理解力,简化诊断流程,使疾病诊断方式更丰富和客观。同时学生可以通过课前学习交互式多媒体教学视频,课堂上提出针对性问题,课后进一步巩固复习,以便提高学习效果[6-7]。

根据患者骨折情况打印出 1:1 的等比例模型,有利于学生构建三维立体空间感,使学生更容易理解临床带教老师制定的手术方案。首先,根据各方向骨折粉碎情况可以更直观地观察骨折线走行,更容易理解选择单一切口或者多切口手术复位入路。其次,明确骨折碎块分布后,如何合理选择内固定材料,模拟各个手术固定材料植入后的复位固定情况,教师可以在模型上反复进行详尽操作,边讲边做让医学生对手术有更加直观更加全面的了解。因此 3D 打印建模技术使创伤骨科教学工作更具可操作性,不但加强教师与学生互动,增加学生实习动手能力,而且有利于理解手术步骤以及手术注意事项和手术操作的目的,从而激发医学生对创伤骨科知识的学习热情。

3.3 构建三维立体数字化骨折模型用于辅助创伤骨科临床教学方法存在的问题

随着 3D 打印技术以及相关建模程序的不断推广和发展,快速、仿真、个体化模型制作成为可能,但同时对新时代高等医学教育者提出更高更新的要求,该方法需要掌握相关三维立体数字化建模技术,具有一定学习曲线,同时对于粉碎严重病例需要更多时间来提高重建模型的精准程度,当然 3D 模型打印材料的选择也决定相应费用的产生,目前主要的有 PLA/ABS(卷材)、光敏树脂液体、金属粉末、陶瓷粉末以及石膏粉末等。本研究采用相对便宜的 PLA/ABS(卷材)打印,有利于模型打印成本控制。

4　结语

3D 建模打印技术能更直观更准确地反映创伤骨科患者骨折三维立体情况,对于医学生理解骨折诊断、分类、手术计划、内固定选择等都有较大帮助。同时三维立体视频教具和等比例打印骨折模型教具的应用提供了更佳的视觉感受以及动手体验,对于指导医学生理解和掌握创伤骨科知识起到良好的辅助作用。

利益冲突　无

作者贡献声明　毛炳焱:提出研究思路、实施项目及撰写论文;王文聪、李际才、胡志喜、贺用礼、王强、王常青:协助收集数据;唐举玉:审订论文

参考文献

[1] 艾松涛, 曲扬, 范新东, 等. 3D 打印模具在本科医学影像学教学中的应用[J]. 中华医学教育探索杂志, 2017, 16(9): 904-908. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-1485.2017.09.010.
Ai ST, Qu Y, Fan XD, et al. Application of 3D printing models in undergraduate medical imaging teaching [J]. Chin J Med Edu Res, 2017, 16(9): 904-908. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-1485.2017.09.010.

[2] 施凤伟, 付军, 郭征. 3D 打印技术在骨科学肿瘤教学中的应用[J]. 中华医学教育杂志, 2015, 35(6): 916-917, 934. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1673-677X.2015.06.033.
Shi FW, Fu J, Guo Z. The application of 3D printing technique in the oncology teaching of orthopedics [J]. Chin J Med Edu, 2015, 35(6): 916-917, 934. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1673-677X.2015.06.033.

[3] Ng CL, Liu X, Chee SC, et al. An innovative 3-dimensional model of the epitympanum for teaching of middle ear anatomy [J]. Otolaryngol Head Neck Surg, 2015, 153(5): 832-837. DOI: 10.1177/0194599815584600.

[4] McMenamin PG, Quayle MR, McHenry CR, et al. The production of anatomical teaching resources using three-dimensional (3D) printing technology [J]. Anat Sci Educ, 2014, 7(6): 479-486. DOI: 10.1002/ase.1475.

[5] 刘梅歌, 张钰, 李晓丹. 3D 技术在医学教育中的应用和展望[J]. 中华医学教育探索杂志, 2016, 15(5): 533-537. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-1485.2016.05.026.
Liu MG, Zhang Y, Li XD. The application and prospects of 3D technology in medical education[J]. Chin J Med Edu Res, 2016, 15(5): 533-537. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-1485.2016.05.026.

[6] O'Reilly MK, Reese S, Herlihy T, et al. Fabrication and assessment of 3D printed anatomical models of the lower limb for anatomical teaching and femoral vessel access training in medicine [J]. Anat Sci Educ, 2016, 9(1): 71-79. DOI: 10.1002/ase.1538.

[7] Li ZZ, Li ZF, Xu RY, et al. Three-dimensional printing models improve understanding of spinal fracture--a randomized controlled study in China [J]. Sci Rep, 2015(5): 11570. DOI: 10.1038/srep11570.

(收稿日期:2018-04-08)
(本文编辑:兰明娟)