·临床教学·

3D数字建模联合3D打印模型在骨科学课堂理论教学中的应用

申洪全[1]　朱洪利[1]　郭金伟[1]　伍娟[2]　刘兴元[3]　陆慧[1]
[1]重庆大学附属江津医院(重庆市江津区中心医院)骨科,重庆　402260;[2]重庆大学附属江津医院(重庆市江津区中心医院)科教部,重庆　402260;[3]重庆大学附属江津医院(重庆市江津区中心医院)外科教研室,重庆　402260
通信作者:陆慧,Email:luhui198101@163.com

【摘要】 目的　探讨3D数字建模联合3D打印模型在临床五年制本科外科学(骨科)理论课堂辅助教学过程中的应用效果。**方法**　2022年5月,选取西南医科大学2018级五年制临床医学专业本科33名学生按照单双学号分为试验组(17名)与对照组(16名)。试验组学生采用传统PPT教学+3D数字建模联合3D打印模型的教学方式;对照组学生采用传统PPT教学方式。以章节知识理论考试及教学满意度问卷调查评价教学效果。采用SPSS 25.0进行*t*检验、Mann-Whitney *U*检验、秩和检验和卡方检验。**结果**　试验组章节知识理论考试成绩高于对照组,分别是(86.24±4.16)分和(82.50±6.06)分。教学满意度问卷调查结果显示,试验组在该方法对帮助骨科疾病理解及学习满意度[3(2,3)分vs. 2(2,2)分]、对提高学习兴趣满意度[2(2,3)分vs. 2(1,2)分]、课堂创新满意度[3(3,3)分vs. 2(1.5,2)分]及课堂教学总体满意度[3(2,3)分vs. 2(2,2)分]等方面均高于对照组,差异有统计学意义($P<0.05$)。**结论**　采用3D数字建模联合3D打印模型辅助临床医学本科生骨科理论课堂教学,提供了三维具象模型,降低了学生的学习难度,有助于学生对骨科疾病的认识,提高了学生的学习兴趣,提升了临床理论课学生的教学满意度和学习成绩。

【关键词】 3D数字建模;　3D打印;　骨科学;　课堂理论教学
【中图分类号】 R68
基金项目:重庆市自然科学基金面上项目(cstc2020jcyj-msxmX0198);西南医科大学教学研究与改革自由探索项目(ZYTS-158);重庆医药职业教育集团教科研项目(CQZJ202034)
DOI: 10.3760/cma.j.cn116021-20221203-01322

Application of 3D digital modeling combined with 3D printed model in classroom theoretical teaching of orthopedics

Shen Hongquan[1], Zhu Hongli[1], Guo Jinwei[1], Wu Juan[2], Liu Xingyuan[3], Lu Hui[1]
[1]Department of Orthopedics, Chongqing University Jiangjin Hospital (Chongqing Jiangjin Central Hospital), Chongqing 402260, China; [2]Department of Science and Education, Chongqing University Jiangjin Hospital (Chongqing Jiangjin Central Hospital), Chongqing 402260, China; [3]Department of Surgery Teaching and Research, Chongqing University Jiangjin Hospital (Chongqing Jiangjin Central Hospital), Chongqing 402260, China
Corresponding author: Lu Hui, Email: luhui198101@163.com

【Abstract】 Objective　To investigate the application effect of 3D digital modeling combined with 3D printed model in assisting the classroom theoretical teaching of orthopedics in five-year undergraduate students majoring in clinical medicine. **Methods**　In May 2022, 33 five-year undergraduate students majoring in clinical medicine in the class of 2018 in Southwest Medical University were selected and divided into experimental group with 17 students and control group with 16 students according to the odd or even student number. The students in the experimental group were taught by traditional PPT+3D digital modeling combined with 3D printed model, and those in the control group were taught by the traditional PPT teaching method. The teaching effect was evaluated by theoretical examination and a questionnaire survey on the degree of satisfaction with teaching. SPSS 25.0 was used to perform the *t*-test, the Mann-Whitney *U* test, the rank sum test, and the chi-square test. **Results**　The experimental group had a significantly higher score of theoretical examination than the control group (86.24±4.16 vs. 82.50±6.06). The questionnaire survey on the degree of satisfaction with teaching showed that compared with the control group, the experimental group

had a significantly higher degree of satisfaction with the understanding and learning of orthopedic diseases [3 (2, 3) vs. 2 (2, 2), $P < 0.05$], the improvement in learning interest [2 (2, 3) vs. 2 (1, 2), $P < 0.05$], classroom innovation [3 (3, 3) vs. 2 (1.5, 2), $P < 0.05$], and overall classroom teaching [3 (2, 3) vs. 2 (2, 2), $P < 0.05$]. **Conclusion** In assisting the classroom theoretical teaching of orthopedics in undergraduate students majoring in clinical medicine, 3D digital modeling combined with 3D printed model can provide concrete 3D models, reduce the difficulties in learning, improve the awareness of orthopedic diseases, strengthen learning interest, and increase the degree of satisfaction with teaching and academic scores.

【Key words】 3D digital modeling;　3D printing;　Orthopedics;　Classroom theoretical teaching

Fund program: General Project of Chongqing Natural Science Foundation (cstc2020jcyj-msxmX0198); Free Exploration Project of Teaching Research and Reform in Southwest Medical University (ZYTS-158); Teaching and Research Project of Chongqing Medical and Pharmaceutical Vocational Education Group (CQZJ202034)

DOI: 10.3760/cma.j.cn116021-20221203-01322

外科学（骨科）理论课堂教学是为医学生开展的骨科临床基础知识教育，是医学生由基础到临床过渡的关键时期，能帮助学生实现由学生到临床实习角色的转变，提高学生的骨科知识运用能力[1]。但由于骨科学教学知识繁多，治疗方法与手段复杂，在既往的骨科课堂理论教学工作中，教师多采用传统PPT幻灯、X线或单个三维CT重建图等二维图像进行理论讲授。此方法不具体形象（具象），导致对骨科疾病认识及理解不够深刻，对抽象复杂内容记忆难度增加，导致骨科教学质量没有获得更好、更优的教学效果。

随着医工交叉的发展，国内学者[2-3]将3D数字建模技术或3D打印技术应用于临床见习或住院医师规范化培训中，解决了二维图像无法提供三维信息的难题，取得了良好教学效果。但此方法尚未应用于临床本科生课堂理论教学，为此本研究尝试对外科学（骨科）理论课堂教学方式进行改革。按照教学大纲选取该骨科疾病的一个或多个CT影像数据进行重建，得到该骨科疾病三维立体数字模型，并模拟手术治疗方案，同时结合3D打印技术，等比例打印部分骨折、内固定物及手术治疗模型。将以上方案应用于骨科学理论课堂辅助教学中，以期为骨科学理论课堂教学提供参考。

1　对象与方法

1.1　研究对象

选择西南医科大学临床医学（五年制）2018级18班33名本科生作为研究对象。该班为该校在重庆大学附属江津医院（重庆市江津区中心医院）临床教学基地班，并在该院完成第四年临床理论课教学。所有研究对象对本研究内容均知情同意。

1.2　研究方法

本研究采用实验对照法，将参与骨科学理论课（骨盆骨折、下肢骨、关节损伤、股骨头坏死共4个理论课时）的33人按照学号单双分为试验组17人及对照组16人。两组学员均为临床医学本科第四年，两组学生一般情况比较差异无统计学意义（$P > 0.05$），具有可比性（表1）。选用教材为陈孝平、汪建平、赵继宗主编的《外科学》第九版（人民卫生出版社）。教学开始前教研室集体备课，按照教学大纲选取符合该章节的病例并获取对应CT影像资料，采用三维建模软件Mimics 21（Materialise公司）、UG NX 12.0（Siemens公司），完成3D数字建模、手术内固定模拟与3D打印教具，制作该章节知识理论考试题及教学满意度问卷调查表。两组的教学任务均由同一人承担，实行同一授课计划。两组教学时数均为4学时。研究结束后对对照组进行补偿学习。

表1　两组学生一般情况比较

组别	男	女	年龄
试验组（n=17）	7(41.18)	10(58.82)	21.76 ± 0.64
对照组（n=16）	10(62.50)	6(37.50)	22.05 ± 0.45
χ^2/t值	1.50		−1.50
P值	0.221		0.145

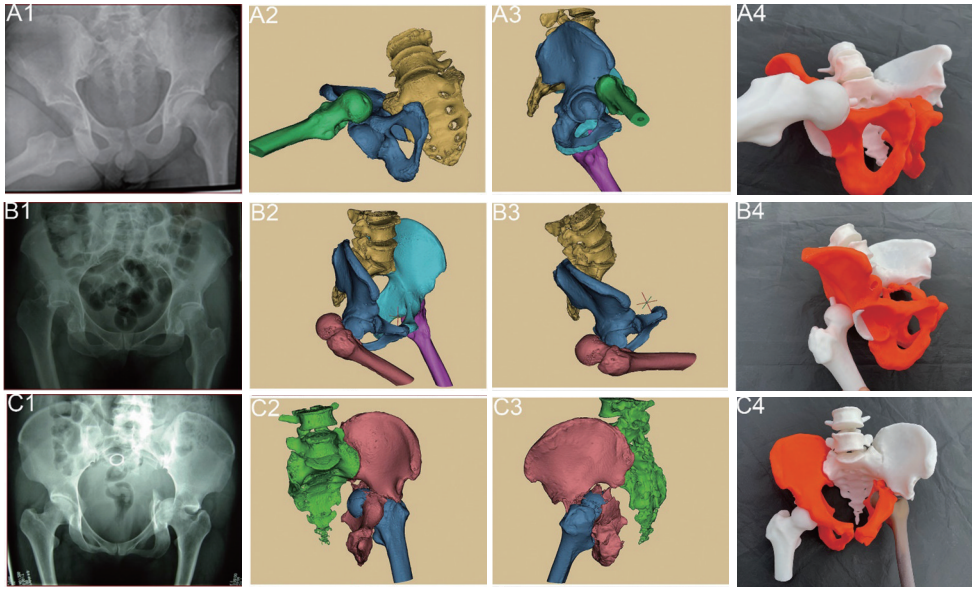
1.3　教学实施

1.3.1　试验组

试验组采用传统PPT+3D数字建模联合3D打印模型教学方法。将该部分疾病的三维数字建模、手术模拟截图或录制的视频，发送到微信群让学生课前预习，提前激发学生兴趣及引导学生课前预习。理论课堂上，在传统PPT授课内容中穿插展示对应的三维数字模型与3D打印模型，以此进行辅助教学。课堂上，通过多媒体屏幕对3D数字建模进行多角度旋转、缩放大小、隐藏、移动等操作，以此观察骨折移位、模拟骨折复位、内固定物固定等模型；对典型骨折移位、关节脱位及内固定治疗方式等采用3D打印实物在课堂中展示（图1至图3）。课程结束后立刻进行章节知识理论考试及满意度问卷调查。

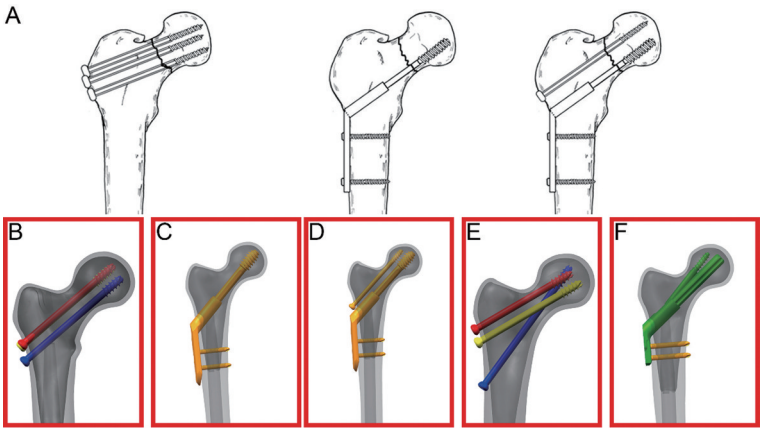
1.3.2 对照组

对照组采用传统PPT教学方法。课前让该组学生自行阅读教材预习。在外科学(骨科)理论课教学活动中(骨盆骨折、下肢骨、关节损伤、股骨头坏死),授课教师按照PPT授课方式对该章节疾病的病因、机制、临床表现及体征、诊断及治疗预后等内容进行系统讲解。然后,授课教师归纳、总结当次课的内容。当该组学生完成章节知识理论考试及满意度问卷调查后,对对照组进行3D数字建模联合3D打印模型的补偿学习。



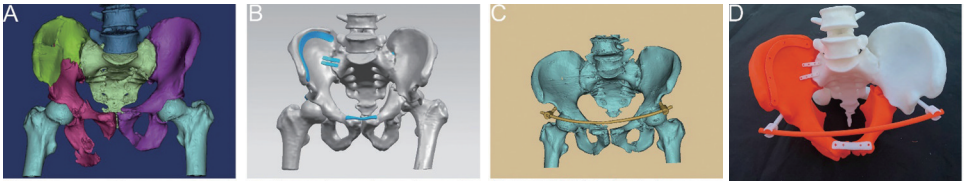
注:A组为髋关节前脱位;B组为髋关节后脱位;C组为髋关节中心性脱位;A1、B1、C1为对照组传统课堂中采用的二维X线片;A2、A3、B2、B3、C2、C3为试验组课堂使用的三维数字模型不同角度的截图;A4、B4、C4为试验组3D打印髋关节前、后、中心性脱位示意图。

图 1　髋关节脱位的3D数字建模及3D打印模型



注:A为对照组教科书及PPT中股骨颈骨折内固定模型示意图(二维);B至F为试验组股骨颈骨折三维数字内固定模型前视图截图,B为3D模拟倒三角空心钉固定,C为3D模拟动力髋螺钉(dynamic hip screw DHS)固定,D为3D模拟DHS+防旋螺钉,E为3D模拟空心钉双平面双支撑(Biplane Double-suported Screw fixation BDSF)固定,F为3D模拟股骨颈动力交叉钉系统(femoral neck system FNS)固定。

图 2　股骨颈骨折各种内固定装置二维及3D示意图



注:A为骨盆粉碎性骨折,B为骨盆骨折钢板内固定,C为骨盆骨折Infix固定(ABC均为三维数字建模前视图);D为骨盆骨折3D打印内固定模型。

图 3　试验组中多媒体屏幕展示的三维数字模型和展示的3D打印教具

1.4　教学效果评估

1.4.1　章节知识理论考试评估

试卷考试内容由教研室从西南医科大学教学大纲编制的骨科学相应章节（骨盆骨折、下肢骨、关节损伤、股骨头坏死）知识题库中抽出，题型含单项选择题、多项选择题和临床病例分析题，满分为100。两组学生在课程结束后发放试卷，1 h内收回。

1.4.2　教学满意度问卷调查

对两组学生采用同一份自制教学满意度表进行调查。问卷包含4个项目：教学方法对帮助骨科疾病理解及学习满意度、对提高学习兴趣满意度、课堂创新满意度、课堂教学总体满意度。每个项目采用Likert 5级量表计分："非常满意"计4分、"满意"计3分、"一般"计2分、"不满意"计1分和"非常不满意"计0分。该问卷Cronbach's α系数为0.849。调查由专人负责，学生匿名填写，现场发放并当场回收统计。

1.5　统计学方法

采用SPSS 25.0进行数据分析。正态分布计量资料用（均数 ± 标准差）表示，组间比较采用独立样本t检验；非正态分布计量资料用中位数（四分位间距）表示，组间比较采用Mann-Whitney U检验和秩和检验。计数资料以例数或者百分比表示，组间比较采用卡方检验。检验水准α=0.05。

2　结果

2.1　两组学员章节知识理论考试成绩

试验组学员总体评分（86.24 ± 4.16）高于对照组学员（82.50 ± 6.06），差异有统计学意义（t=2.08，P=0.046）。

2.2　两组学生教学满意度问卷调查

本研究共发放问卷33份，回收有效问卷33份，有效问卷回收率为100.00%。调查结果显示，试验组学生在教学方法对帮助骨科疾病理解及学习满意度、对提高学习兴趣满意度、课堂创新满意度、课堂教学总体满意度均高于对照组学生，差异有统计学意义（表2）。

表2　两组学生教学满意度问卷调查结果比较[$M(P_{25},P_{75})$]

项目	试验组（n=17）	对照组（n=16）	Z值	P值
对帮助骨科疾病理解及学习满意度	3(2,3)	2(2,2)	−3.94	<0.001
对提高学习兴趣满意度	2(2,3)	2(1,2)	−3.57	<0.001
课堂创新满意度	3(3,3)	2(1.5,2)	−4.78	<0.001
课堂教学总体满意度	3(2,3)	2(2,2)	−3.71	<0.001

3　讨论

3.1　3D数字建模联合3D打印模型降低了学习理解难度，有助于对骨科疾病的认识

在外科学（骨科）本科理论课教学过程中，既往理论教学中多采用文字、PPT幻灯片、X线或单个三维CT重建图等二维图像进行理论讲授，不具体形象。同时学生第一次接触该疾病，理解较为困难，影响学习主动性，教学效果降低。本研究结果显示，问卷调查中试验组学生在3D数字建模联合3D打印模型辅助理论课堂教学，对帮助骨科疾病理解及学习满意度，高于传统的PPT教学组，证实学生认为该辅助教学法降低了学习理解难度，有助于本科生对骨科疾病的认识。这与李丹丹等[4]研究一致。实验结束后，对对照组进行补偿教学，对照组学员也普遍认为新型教学方式新颖、有趣，使得原有晦涩难懂的理论知识变得直观，更乐于接受3D数字建模联合3D打印教学模型的新辅助教学方式。

3.2　3D数字建模联合3D打印模型有助于提高学员满意度、学习兴趣、理论考试成绩

通过新技术将抽象的文字及二维图像转化为直观可视的数字三维模型和3D打印教学模型，让学生感觉其创新性，提高了课堂创新满意度。同时，通过多角度旋转、缩放大小、隐藏、移动等互动方式观察三维数字模型，以及触摸观察实体3D模型，将提高学生课堂学习兴趣[5]。这可以使学生更加快速、有效地掌握各种疾病基础知识，加强课堂基础医学理论与临床医学的联系，最终提高试验组学生理论考试成绩分数[6-7]和课堂教学总体满意度[8-9]。

4　结语

采用3D数字建模联合3D打印模型进行辅助课堂教学，可以把复杂、抽象的文字、二维图像实现三维具象化。采用3D数字建模联合3D打印模型对骨折及分型、内固定手术等进行重建模拟，可以让学生在理论课堂感受三维数字骨科技术的巨大魅力，降低了学生的认知理解和学习难度，提高了学生的学习兴趣，提高了学习成绩，提升了理论课堂教学水平和教学满意度。本研究方法要求临床理论课教师对医工软件（Mimics、UG等）具有一定知识储备和经验，并能实现三维建模和3D打印，以应对不同教学内容要求，所以进行广泛推广具有一定难度。但随着医工交叉学科的不断进步、对计算机软件的不断应用，相信3D数字建模联合3D打印模型在临床医学生课堂辅助教学和实习带教方面有广阔的发展和提升空间，其能更好地为广大医学生提供优质、高效的教学。同时，本研究对象较少，仅为单中