·临床教学·

三维数字化重建及打印技术在骨科临床教学中的应用

王兴国[1]　郝廷[1]　王建忠[2]　赵岩[1]　张凯[3]　王剑[4]　李筱贺[2]　李志军[2]
[1]内蒙古医科大学第二附属医院创伤骨科，呼和浩特　010030；[2]内蒙古医科大学基础医学院人体解剖学教研室/数字医学中心，呼和浩特　010059；[3]乌兰察布市第二医院骨科　012000；[4]武警内蒙古总队医院骨科，呼和浩特　010050
通信作者：郝廷，Email：heting7675@sina.com；李筱贺，Email：798242742@qq.com

【摘要】 目的　探究三维数字化重建及打印技术技术应用于复杂骨科教学中的效果。**方法**　选取 2016 年 9 月至 2017 年 9 月在内蒙古医科大学第二附属医院实习的 90 名医学生作为对象，按照不同教学方式分为对照组(45 人)与实验组(45 人)。前者行传统教学；后者利用利用三维数字化重建及打印技术技术打印出患者复杂骨折模型，经数字化再现骨折分型，通过骨折模型制定科学手术方案，并对手术固定方式进行模拟。考试分为临床技能考核与笔试两部分，均依照考试大纲要求制定；自我认知能力评分，包括专业兴趣、骨折理解程度等；实习医学生满意度，采取自制问卷调查。组间数据比较采用 t 检验。**结果**　实验组操作技能平均成绩为(84.36 ± 0.28)分、理论知识为(87.55 ± 0.44)分，均高于对照组且差异有统计学意义(P<0.05)；实验组专业兴趣等自我认知能力评分均较对照教学组高，差异具有统计学意义(P<0.05)；实验组学生对课堂氛围等满意度评分高于对照组评分，差异具有统计学意义(P<0.05)。**结论**　复杂骨科教学过程中采取三维数字化重建及打印技术建立模型，可有效提高实习生操作技能与理论知识水平，提升学生的教学满意度。

【关键词】 复杂创伤；　骨科教学；　三维数字化；　3D 打印
【中图分类号】 R68
基金项目： 国家自然科学基金项目(81260269)；内蒙古自治区财政厅科技引导项目(2017 年)；内蒙古科技计划项目(2017 年)；内蒙古自然科学基金(2016ms08131)
DOI：10.3760/cma.j.issn.2095-1485.2019.08.019

Application of three-dimensional digital reconstruction and printing technology in the clinical teaching of complex orthopedics

Wang Xingguo[1], Hao Ting[1], Wang Jianzhong[2], Zhao Yan[1], Zhang Kai[3], Wang Jian[4], Li Xiaohe[2], Li Zhijun[2]
[1]Department of Orthopaedics and Traumatology, the Second Affiliated Hospital of Inner Mongolia Medical University, Huhhot 010030, China; [2]Department of Human Anotomy, School of Basic Medicine, Inner Mongolia Medical University, Huhhot 010059, China; [3]Department of Orthepedics, the Second Hospital of Wulanchabu, Wulanchabu 012000, China; [4]Department of Orthepedics, Inner Mongolia PLA Hospital, Huhhot 010050, China
Corresponding author: Hao Ting, Email: heting7675@sina.com; Li Xiaohe, Email: 798242742@qq.com

【Abstract】 Objective　To explore the effect of 3d digital reconstruction and printing technology on the teaching of complex orthopedics. **Methods**　A total of 90 interns in the Second Affiliated Hospital of Inner Mongolia Medical University from September 2016 to September 2017 were selected as research subjects. According to the different teaching methods, they were divided into control group (n=45) and experimental group (n=45). The former received traditional teaching; the latter used three-dimensional digital reconstruction and printing technology to print out complex fracture models of patients, digitally reproduced fracture classification, developed scientific surgical plans through fracture models, and simulated surgical fixation methods. Examination was divided into clinical skills and written exam according to exam outline requirements; Self-cognitive ability score included professional interest, fracture understanding, etc. The

satisfaction of the medical students in the experimental group was determined using self-made questionnaires. t test was used to compare data between groups. **Results** Experimental groups' scores for surgical skills (84.36 ± 0.28) and theoretical knowledge (87.55 ± 0.44) were higher than the control group, and the differences were statistically significant (P<0.05). The professional interest of the experimantal group was higher than that of the control group, and the difference was statistically significant (P<0.05). The students' classroom atmosphere was significantly better compared with the control group, and the difference was statistically significant (P<0.05). **Conclusion** Using 3 d digital reconstruction and printing technology to establish modes in complex orthopedics teaching process can effectively improve interns' surgical skills and theoretical knowledge, and promote student satisfaction.

【**Key words**】 Complex trauma; Orthopedic teaching; 3d digital; 3d printing technology

Fund program: National Natural Science Foundation of China (81260269); Inner Mongolia Autonomous Region Finance Department Science and Technology Guidance Project (2017); Inner Mongolia Science and Technology Plan Project (2017); Inner Mongolia Natural Science Foundation (2016ms08131)

DOI：10.3760/cma.j.issn.2095-1485.2019.08.019

社会对高素质医学人才需求量逐年提升，因而临床教学过程中愈加强调培养医学生“早临床和反复临床”意识[1]。骨科由于面临骨折形态多样，属于医学教学难点之一。而传统课本插图形式呈现患者相关放射检查结果，无法给予学生立体直观感受，导致教学质量不佳，学生较难掌握复杂骨科教学内容[2]。为明确三维数字化重建及打印技术技术的应用对复杂骨科教学的影响，本研究针对性选取 90 名实习医学生开展教学分组对照实验并进行测评，现报道如下。

1　对象与方法

1.1　教学对象

选取 2016 年 9 月至 2017 年 9 月在内蒙古医科大学第二附属医院实习的 90 名实习医学生（两个行政班级）作为教学对象。按照不同教学方式分为对照组（45 名）与实验组（45 名）。将实习时间连续、各专业课平均成绩在 70 分及以上者纳入，将研究期间由于各种原因退出者排除。对照组男女比例 28∶17，年龄 22~26 岁，平均（24.57 ± 0.64）岁；实验组男女比例 27∶18，年龄 23~26 岁，平均（24.61 ± 0.72）岁。两组基线资料具有可比性（P>0.05）。

1.2　教学实施情况

对照组予以传统教学，以教师为主导，依据知识点进行逐一讲解，带领学员查体、查看相关辅助检查结果，术前进行常规讨论。

实验组通过三维数字化重建及打印技术辅助教学。收集临床典型病例资料的 CT 影像学数据，层厚为 0.625，保存格式为 DICOM，将连续影像学数据导入 Mimics 16.0（materialise 公司，比利时，内蒙古医科大学数字医学中心）；利用软件的自动边界识别功能，设定骨性灰度窗，识别的骨性边界在人工部分修饰后进行三维重建，重建后的模型保存至电脑或部分进行 3D 打印。其主要典型病例有椎体压缩性骨折；脊柱结核或骨肿瘤部分椎体切除、植骨和后路固定；特发性脊柱侧凸；骨盆髋臼前柱骨折及钢板固定；股骨干或股骨髁骨折；蜂巢式随心减压治疗股骨头坏死。具体授课：①展示患者病例、病史，充分调动学生积极性，由其总结检查要点，并结合患者检查视频资料分析阳性体征。②组织学生自行总结必要辅助检查措施，并依据重要性进行排序，教师适时进行点评，对问题核心及内在联系进行阐明，完善总结。③利用三维数字化重建及打印技术打印出患者复杂骨折模型，经数字化再现骨折分型，直观地了解患者病损全貌，使学生进一步认知力学传导机制以及骨折损伤机制。④通过骨折模型制定科学手术方案，并对手术固定方式进行模拟，动态调整内固定的位置，按照骨折模型进行预弯内固定，加强学生对复杂骨折的认知。⑤课程结束之后予以回馈总结，对该类疾病诊疗流程及思路进行梳理（图 1~5）。

1.3　观察指标及评定标准

出科考试，分成临床技能考核与笔试两部分，均依照考试大纲要求制定，每项满分 100。出科考试参照客观结构化考试（OSCE）设置 5 个考点，每个考点 20 分。具体包括病史采集（问诊技巧 6 分，发病、主要症状、病情发展、既往史及伴随史各为 4 分）；体格

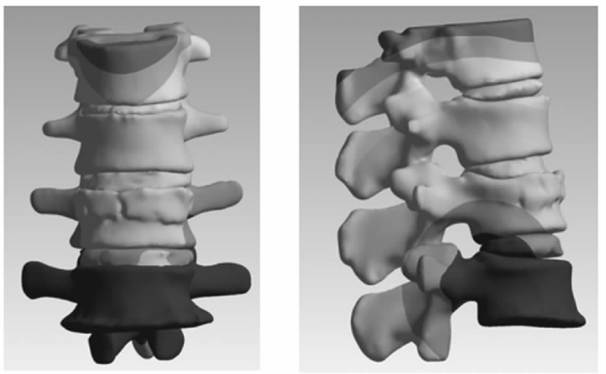


图 1　病例 1:第二腰椎压缩性骨折三维数字化重建及模拟模型

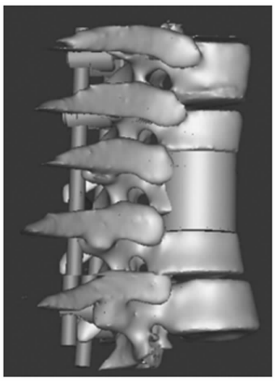


图 2　病例 2: T10–11 椎体截骨加后路钉棒固定

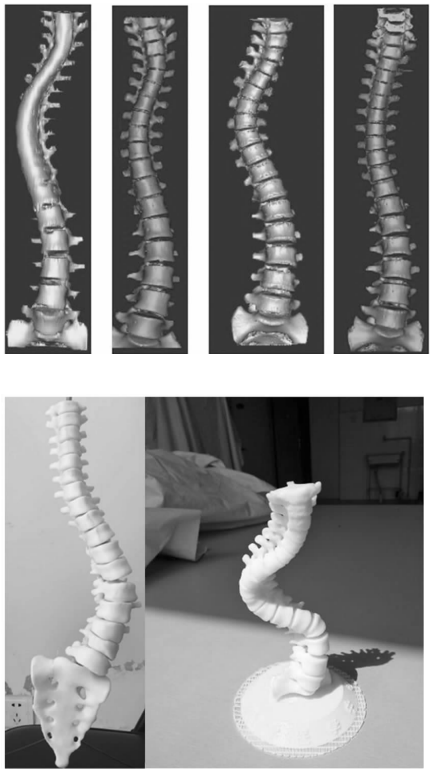


图 3　病例 3:特发性脊柱侧凸模型(左)及三维数字化重建及打印技术模型(1∶1 比例及 3∶1 缩小模型)

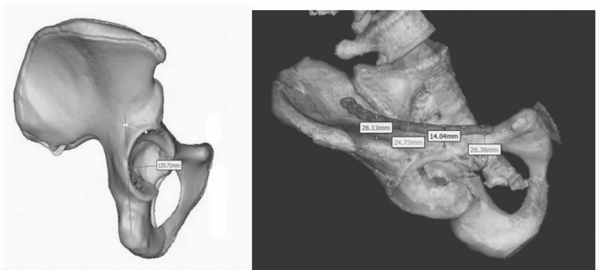


图 4　病例 4:骨盆髋臼前柱骨折钢板固定三维模型

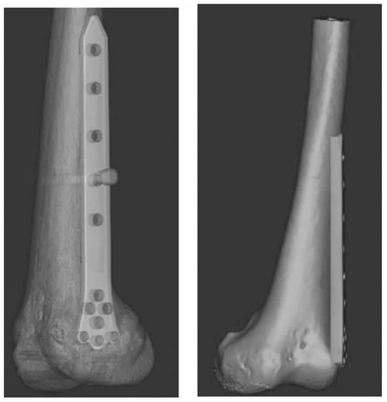


图 5　病例 5:股骨远端骨折 LISS 钢板固定三维模型

检查 30 分,主要可以分为一般项目检查,阳性体征检查和专科检车各 10 分;技能操作为 30 分,骨科无菌操作、换药、拆线、四肢石膏固定和骨牵引各为 6 分,病历书写 10 分。

自我认知能力评分(主要参照相关自我认知的文献设计认知评分项目,走访相关专家设计调查表,采用主成分分析法并配合最大变异法进行正交转轴,获得 9 个因子,设计问卷为 10 个纬度,50 个条目)。包括专业兴趣、骨折理解程度、骨折类型表述、骨折术前术后判断一致性等 10 方面, 每项 0~10 分,分数与结果成正比。实习医学生满意度也采用自我认知能力评分,5 个纬度(不满意为 1 分,不太满意为 2 分,一般为 3 分,较满意为 4 分,非常满意为 5 分),50 个条目,采取自制问卷调查;主要有课堂氛围、重难点把握、教师综合素质等方面,每项 0–100 分,得分与满意度呈正比。其中自我认知能力评分和实习医生满意度调查在学生于骨科实习 1 个月、出科考试结束后集中进行,答卷时间为 30 min[3-4]。

1.4　统计学方法

应用 SPSS 17.0 作数据统计分析,正态计量资料采用均数 ± 标准差表示,组间数据比较行 t 检验;以 $P<0.05$ 表示差异具有统计学意义。

2　结果

2.1　两组出科考试成绩比较

实验组操作技能及理论知识平均成绩均高于对照组，差异具有统计学意义（表 1）。

表 1　两组学生出科考试成绩比较[($\bar{x} \pm s$)，分]

组别	操作技能	理论知识
对照组（n=45）	78.46 ± 0.35	80.57 ± 0.53
实验组（n=45）	84.36 ± 0.28	87.55 ± 0.44
t 值	88.301 5	67.974 1
P 值	0.000	0.001

2.2　两组自我认知能力评分情况比较

实验组学生自我认知能力各项评分均高于对照组，差异具有统计学意义（表 2）。

2.3　两组实习医学生满意度评分比较

实验组学生教学满意度各项评分均高于对照组，差异具有统计学意义（表 3）。

3　讨论

三维数字化重建及打印为一种快速成型技术，经三维数字化重建及打印技术机可打出三维物体模型，近些年在骨科临床以及教学中广泛应用。随着机动车辆逐年增加，交通事故等高能量损伤率呈不断升高趋势，且这类骨折患者多类型复杂且粉碎严重，部分伴随严重关节脱位。《外科学》教学难点之一为复杂创伤性骨折，如各种关节内骨折、髋臼骨折及盆骨骨折及脊柱损伤及发育畸形等，主要是因为髋臼、骨盆、脊柱等解剖复杂，而损伤或畸形其解剖结构更加复杂化，因此无法从平面对三维立体结构进行良好理解[5]。有研究指出，三维数字化重建及打印技术技术应用于复杂骨科教学中，能够有效改变传统教学以书本为纲，将理论知识与临床实践操作密切联系，同时又避开了在患者身上直接训练违反伦理的行为，促进以学生为主体教学，实现探索式、交互式、开放式教学[6]。通过临床真实病例 1:1 打印从而将临床病例情景呈现，具有直观性和生动性；从而引导改善学生解决临床问题的能力，培养其临床思维、改善教学质量，提升医学生综合素质。

本次研究中，实验组学生操作技能与理论知识成绩、专业兴趣与自我认知能力评分等，均高于对照组；实验组学生对课堂氛围等满意度评分也高于对照组学生评分。此次研究结果与曹波等[7]相似，表明复杂骨科临床教学过程中，将三维数字化重建及打印技术融入，可有效提高医学生操作技能与理论知识，并且有助于教学质量提升，学生满意度增加。由于复杂骨科创伤及发育畸形患者解剖结构复杂，医学生学习过程中无法充分理解二维 CT 或 X 线片，缺乏骨科典型病例模型的三维空间结构的认识，导致其于短时间内无法有效掌握骨科临床分型与治疗。若采取传统教学，学生机械记忆各类型骨折特点及解剖标志，常导致学生学习兴趣低下，最终影响学习效果。三维数字化重建及打印技术在教学中的运用，能够使学生直观地理解患者骨折情况，并可三维触摸、观察骨科临床病例模型，并进行虚拟手术（图 2，图 5）从而有助于学生更易掌握、了解骨折类型及力学原理等知识，达到提升教学质量的目的[8]。其次，3D 模型的打印，可使学生更加深刻理解患者疾病症状、体征，并利用已学知识提出一些针对性治疗方案，从而加深学生对复杂创伤骨折的认知。利用 3D 模型进行教学，有助于学生直观学习、理解复杂解剖结构，更易模拟患者受伤机制[9]。3D 模型教学，有助于医学生自解剖结构联系至生物力学特征，自

表 2　两组自我认知能力评分比较[($\bar{x} \pm s$)，分]

组别	专业兴趣	骨折理解程度	骨折类型表述	骨折术前术后判断一致性
对照组（n=45）	7.04 ± 0.35	7.01 ± 0.28	6.23 ± 0.51	6.49 ± 0.57
实验组（n=45）	8.26 ± 0.31	8.29 ± 0.27	8.31 ± 0.45	8.32 ± 0.46
t 值	17.504 1	22.074 8	20.514 8	16.759 9
P 值	0.014	0.000	0.000	0.021

表 3　两组实习医学生教学满意度评分比较[($\bar{x} \pm s$)，分]

组别	课堂氛围	重难点把握	教师综合素质
对照组（n=45）	78.62 ± 3.11	76.54 ± 3.21	76.83 ± 3.19
实验组（n=45）	90.23 ± 3.09	89.26 ± 3.15	89.31 ± 3.22
t 值	17.764 8	18.972 8	18.470 3
P 值	0.003	0.000	0.000

单一骨折联系至系统诊断与治疗，进而推断患者骨折好发部位、临床症状、力学特征等，然后依据骨折分型进行诊断以及手术方案设计[10-12]。此外，该教学有助于学生利用骨折模型进行反复练习，可提高学生操作能力，促进其学习热情提升，为复杂骨科临床知识学习奠定基础。

但本次研究方案受多种因素影响，仅对部分骨科典型病例进行打印，且在带教实习过程中，由于模型数量有限（每 20 人 2~3 套）、临床骨科病例种类多，其 CT 资料的收集及 3D 打印耗时耗力（国内简易设备打印精度低，高精度打印耗时较长），且高精度 3D 打印耗材也较为昂贵，在一定程度上限制了教学成效。因此需行进一步不断积累骨科临床病例资料，完善 3D 打印模型库建设，为完整的骨科教学提供保证。

利益冲突　所有作者均声明无利益冲突

作者贡献声明　王兴国：资料提供和论文审改；郝廷：提出研究方向，撰写论文；王建忠：负责数据设计；赵岩：负责组织学生；张凯：负责脊 CT 资料收集；王剑：负责骨盆资料收集；李筱贺：负责三维重建及打印；李志军：文章修改

参考文献

[1] 郭鹏年，董乐乐，左强，等. 3D 打印技术在创伤骨科中的临床应用[J]. 中国数字医学，2015(6)：45-47. DOI: 10.3969/j.issn.1673-7571.2015.06.013.
Guo PN, Dong LL, Zuo Q, et al. The clinical application of three-dimensional printing technique in skeletal trauma [J]. China Digital Medicine, 2015(6): 45-47. DOI: 10.3969/j.issn.1673-7571.2015.06.013.

[2] 李明，孙亮，马腾，等. 3D 打印快速成型技术在髋臼骨折分型及年轻医生培养中的应用[J]. 中华骨科杂志，2017，19(2)：140-145. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1671-7600.2017.02.010.
Li M, Sun L, Ma T, et al. 3D-printing rapid prototyping used in classification of acetabular fractures and education of young surgeons [J]. Chinese Journal of Orthopaedic Trauma, 2017, 19(2): 140-145. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1671-7600.2017.02.010.

[3] 王康，李思慕，马婷，等. 3D 打印技术在创伤骨科临床中的应用现状及进展[J]. 宁夏医学杂志，2017，39(7)：667-670. DOI: 10.13621/j.1001-5949.2017.07.0667.
Wang K, Li SM, Ma T, et al. Status quo of the clinical application of 3d digital reconstruction and printing technology in orthopedics [J]. Ningxia Medical Journal, 2017, 39(7): 667-670. DOI: 10.13621/j.1001-5949.2017.07.0667.

[4] 缪锌，凌强，邓高荣，等. 三维数字化重建及打印技术技术在骨外科学中的应用研究进展[J]. 山东医药，2016，56(48)：100-102.
Miao X，Ling Q，Deng GR，et al. Application of 3d digital reconstruction and printing technology in bone surgery [J]. Shandong Medicine, 2016, 56(48): 100-102.

[5] 张志昌，郑稼，张新胜，等. 3D 打印技术在创伤骨科中的应用[J]. 河南医学研究，2014，23(3)：159-161.
Zhang ZC，Zheng J，Zhang XS，et al. The application of 3D printing in trauma surgery [J]. Henan Medical Research, 2014, 23(3): 159-161.

[6] 庞骄阳，赵岩，肖宇龙，等. 3D 打印技术在脊柱外科的应用[J]. 中国组织工程研究，2016，20(4)：577-582. DOI: 10.3969/j.issn.2095-4344.2016.04.022.
Pang JY, Zhao Y, Xiao YL, et al. Application of three-dimensional printing technology in spinal surgery [J]. Chinese Journal of Tissue Engineering Research, 2016, 20(4): 577-582. DOI: 10.3969/j.issn.2095-4344.2016.04.022.

[7] 曹波，马创，程新春，等. 3D 打印技术在复杂创伤骨科教学中的应用[J]. 中国骨与关节杂志，2017，6(5)：345-347. DOI: 10.3969/j.issn.2095-252X.2017.05.005.
Cao B, Ma C, Cheng XC, et al. Application of 3D printing technology in the teaching of complex traumatic orthopedics [J]. Chinese Journal of Bone and Joint, 2017, 6(5): 345-347. DOI: 10.3969/j.issn.2095-252X.2017.05.005.

[8] 章莹，李宝丰，王新宇，等. 术前 3D 打印技术模拟复杂骨盆骨折手术提高疗效的可行性研究[J]. 中华骨科杂志，2015，17(1)：29-33. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1671-7600.2015.01.008.
Zhang Y, Li BF, Wang XY, et al. Preoperative application of 3D printing technology in the treatment of complicated pelvic fractures [J]. Chinese Journal of Orthopaedic Trauma, 2015, 17(1): 29-33. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1671-7600.2015.01.008.

[9] 张衡，罗彬，官建中，等. 3D 数字打印技术在骨科临床应用中的研究进展[J]. 中华医学杂志，2017，97(29)：2317-2320. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0376-2491.2017.29.020.
Zhang H, Luo B, Guan JZ, et al. Progress in clinical application of 3D digital printing technology in orthopedics [J]. National Medical Journal of China, 2017, 97(29): 2317-2320. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0376-2491.2017.29.020.

[10] 张国明，周东生，贺宇，等. 3D 打印技术在复杂髋臼骨折治疗中的应用[J]. 中华骨科杂志，2016，18(4)：306-311. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1671-7600.2016.04.006.
Zhang GM, Zhou DS, He Yu, et al. 3D printing used in treatment of complex acetabular fractures [J]. Chinese Journal of Orthopedics, 2016, 18(4): 306-311. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1671-7600.2016.04.006.

[11] 李筱贺，李志军，高尚，等. 虚拟三维数字化骨盆的制作及在解剖学教学中应用[J]. 中华医学教育探索杂志，2014，13(8)：853-856. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-1485.2014.08.026.
Li XH, Li ZJ, Gao S, et al. The application of the digital 3-D reconstruction pelvic on anatomical teaching [J]. Chin J Med Edu Res, 2014, 13(8): 853-856. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-1485.2014.08.026.

[12] 贾晨尧. 基于 CT 图像的肾脏数字化三维重建模型在腹腔镜下肾肿瘤根治术中的应用研究[D]. 广州：南方医科大学，2017.
Jia CY. Study on the application of digital three-dimensional reconstruction model based on CT image of renal tumor in laparoscopic radical nephrectomy [D]. Guangzhou: Southern Medical University, 2017.

（收稿日期：2019-03-05）
（本文编辑：蔡骏翔）