·住院医师规范化培训·

3D打印模型联合可视化手术模拟在四肢骨缺损专病临床教学中的应用

刘冰川　李星材　杨钟玮　侯国进　周方　田耘
北京大学第三医院骨科/骨与关节精准医学教育部工程研究中心，北京　100191
通信作者：田耘，Email：tiany@bjmu.edu.cn

【摘要】 目的　探究以“3D打印模型联合可视化手术模拟”为核心的综合创新教学模式在四肢骨缺损专病临床教学中的应用效果。**方法**　选取2019年3月至2021年12月在北京大学第三医院骨科参与临床管理四肢骨缺损患者的医生为研究对象，分为住培组（52名）与进修组（58名）。针对四肢骨缺损专病进行教学培训，主要包括基础知识教学、感染伤口换药、多学科讨论、数字化手术模拟与手术实操等。教学质量评价指标包括理论知识与临床技能考核、实际管理患者临床能力的客观评价、满意度调查等。采用SPSS 22.0进行t检验和卡方检验。**结果**　两组医生培训后的理论知识[(32.4 ± 6.7)与(42.2 ± 3.8)]与临床实践操作考核得分[(19.6 ± 2.0)、(20.8 ± 2.2)，(20.5 ± 2.5)、(21.5 ± 2.3)]都有提高(P<0.05)；培训后，住培组的6个客观评价指标得分[(8.3 ± 0.8) vs. (6.9 ± 1.1)，(7.4 ± 0.7) vs. (6.3 ± 1.5)，(7.2 ± 1.3) vs. (5.0 ± 1.4)，(7.9 ± 1.2) vs. (4.0 ± 1.5)，(8.4 ± 0.8) vs. (6.4 ± 1.6)，(40.3 ± 2.6) vs. (28.6 ± 2.4)]均有提高(P<0.01)，而进修组在四肢骨缺损专病的理解程度[(8.1 ± 0.9) vs. (7.2 ± 1.1)]、面对复杂骨缺损病例的自信心[(8.1 ± 1.2) vs. (6.6 ± 0.9)]、骨缺损修复手术的空间思维能力[(8.6 ± 0.8) vs. (7.3 ± 0.9)]、实际管理骨缺损患者的总体临床表现[(41.4 ± 2.3) vs. (37.3 ± 1.8)] 4个方面有提升(P<0.01)。住培组与进修组对这种综合创新教学模式的满意度评分分别为(95.3 ± 3.2)分和(94.8 ± 2.8)分。**结论**　以“3D打印模型联合可视化手术模拟”为核心的综合创新教学模式可在短时间内提高住培医生的专病基础知识和临床技能，同时满足进修医生对学习手术技术及先进诊疗理念的实际需求。

【关键词】 四肢骨缺损；　3D打印技术；　住院医师规范化培训；　进修医生培训
【中图分类号】 R6
基金项目：国家重点研发计划政府间国际科技创新重点合作专项（2018YFE0104200）；首都临床特色应用研究（Z181100001718195）
DOI: 10.3760/cma.j.cn116021-20220417-01569

Application of 3D printed model combined with visual surgical simulation in clinical teaching of extremity bone defects

Liu Bingchuan, Li Xingcai, Yang Zhongwei, Hou Guojin, Zhou Fang, Tian Yun
Department of Orthopedics, Peking University Third Hospital/Engineering Research Center of Bone and Joint Precision Medicine, Beijing 100191, China
Corresponding author: Tian Yun, Email: tiany@bjmu.edu.cn

【Abstract】 Objective　To investigate the application effect of the comprehensive innovative teaching model with "3D printed model combined with visual surgical simulation" as the core in the clinical teaching of extremity bone defects. **Methods**　The physicians who participated in the clinical management of patients with extremity bone defects in Department of Orthopedics, Peking University Third Hospital, from March 2019 to December 2021 were selected as subjects and were divided into standardized training group with 52 physicians and refresher physician group with 58 physicians. Teaching and training was performed for the special disease of extremity bone defects, including basic knowledge teaching, dressing change for infected wounds, multidisciplinary discussion, digital surgical simulation, and practical surgical operation. The assessment indices for teaching quality included the assessment of theoretical knowledge and clinical skills, the objective evaluation of the clinical ability of patient management, and an investigation of the degree

of satisfaction. SPSS 22.0 was used for the *t*-test and the chi-square test. **Results** After training, both groups had significant increases in the assessment scores of theoretical knowledge [(32.4 ± 6.7) and (42.2 ± 3.8)] and clinical practice skills [(19.6 ± 2.0), (20.8 ± 2.2), (20.5 ± 2.5), (21.5 ± 2.3)] (P<0.05). After training, the standardized training group had significant increases in the scores of six objective evaluation indicators [(8.3 ± 0.8) vs. (6.9 ± 1.1), (7.4 ± 0.7) vs. (6.3 ± 1.5), (7.2 ± 1.3) vs. (5.0 ± 1.4), (7.9 ± 1.2) vs. (4.0 ± 1.5), (8.4 ± 0.8) vs. (6.4 ± 1.6), (40.3 ± 2.6) vs. (28.6 ± 2.4)] (P<0.01), while the refresher physician group had significant improvements in four aspects, i.e., the understanding of extremity bone defects [(8.1 ± 0.9) vs. (7.2 ± 1.1)], the self-confidence in facing complex extremity bone defects [(8.1 ± 1.2) vs. (6.6 ± 0.9)], spatial thinking ability in repair surgery for bone defects [(8.6 ± 0.8) vs. (7.3 ± 0.9)], and overall clinical performance in actual management of patients with bone defects [(41.4 ± 2.3) vs. (37.3 ± 1.8)] (P<0.01). The satisfaction score for this comprehensive innovative teaching model was (95.3 ± 3.2) points in the standardized training group and (94.8 ± 2.8) points in the refresher physician group. **Conclusions** The comprehensive innovative teaching model with "3D printed model combined with visual surgical simulation" as the core can significantly improve the basic knowledge and clinical skills of physicians in a short period of time and meet the needs for learning surgical techniques and advanced diagnosis and treatment concepts among refresher physicians.

【**Key words**】 Extremity bone defect; 3D printing technology; Standardized residency training; Refresher physician training

Fund program: Key Project of Inter-governmental International Innovation Cooperation under the National Key Research and Development Program of China (2018YFE0104200); Capital Featured Clinical Application Research Projects (Z181100001718195)

DOI: 10.3760/cma.j.cn116021-20220417-01569

四肢骨缺损的治疗是骨科医生面临的常见临床难题，造成骨缺损的病因主要包括严重创伤、感染灶清除、肿瘤切除、畸形矫正及翻修手术等[1]。近年来，新兴的3D打印钛合金假体植入技术逐渐被临床应用于修复四肢骨缺损。它能够根据骨缺损的形态结构进行假体的个性化定制设计，并且钛合金适宜的力学强度可保障肢体术后的早期安全负重功能锻炼[2-3]。但是，由于3D打印技术在四肢骨缺损治疗中的应用属于创新性较强的前沿治疗方法，现行的医学教科书及骨科专业书籍中缺乏对它的系统介绍，住培医生难以在课堂上学到相关知识，拥有一定临床经验的进修医生也很难在自家医院接触到相关复杂病例，导致他们在临床实际管理四肢骨缺损患者时常常遇到困难并感到困惑。四肢骨缺损专病课题组在临床治疗四肢骨缺损的同时，对在骨科轮转学习的住培医生和进修医生开展了针对四肢骨缺损专病的临床教学培训。采用以“3D打印模型联合可视化手术模拟”为核心的综合创新教学模式，使复杂的疾病诊疗、个性化的假体设计与生产制造、细致的手术操作等相关内容变得形象且立体，有助于提升医生对四肢骨缺损专病的理解及实际临床管理四肢骨缺损患者的能力。现将相关的教学经验与成果报道如下。

1　对象与方法

1.1　研究对象

选取2019年3月至2021年12月在北京大学第三医院骨科住培轮转及进修的医生作为研究对象，将实际参与临床管理四肢骨缺损患者的医生纳入本项研究。最终共纳入住培医生52名，年龄（23.5 ± 3.5）岁；进修医生58名，年龄（37.6 ± 4.1）岁。入组的研究对象分为住培组及进修组，不同组内部依照培训前后进行分组，前后对照以评价教学效果。所有入组的研究对象均接受以“3D打印模型联合可视化手术模拟”为核心的创新模式教学。

1.2　研究方法

本研究采取以“3D打印模型联合可视化手术模拟”为核心的综合创新教学模式，包括从基础理论学习到临床技能操作的各个方面，具体内容如下。

1.2.1　四肢骨缺损的基础知识教学

选择《外科学》《坎贝尔骨科手术学》《AO Trauma系列丛书》《创伤骨科学》《骨肿瘤学》《中国开放性骨折诊断与治疗指南（2019版）》等内容进行四肢严重骨折、骨髓炎、骨肿瘤与骨缺损等疾病的基本概念介绍及基本诊疗理念分享，巩固学员的基础知识。此教学内容每月实施1~2次，以PPT课件授课，采用线上线下相结合的形式进行。

1.2.2　感染伤口的换药技能操作教学与训练

开放性骨折与骨髓炎源性骨缺损患者常伴有皮肤软组织感染或缺损，这类污染伤口的换药流程不同于清洁伤口换药。带教教师以“全功能清创缝合模拟人”为教学工具，模拟污染伤口的换药技能操作训练，重点教授并考核洗手、物品摆放与回收、揭除污染辅料、清理伤口、创面用药、留置引流物、包扎伤口等内容。此教学内容每月实施 1~2 次，教师先示范标准操作，学员再进行反复操作练习，直至掌握，采用线下教学。

1.2.3　基于病例的多学科讨论教学

本课题组目前已经成立了由骨科、成形外科、病理科、放射科、感染疾病科、核医学科、检验科、药剂科、康复科、肿瘤放疗科、肿瘤化疗与放射病科等多学科组成的四肢骨缺损综合诊疗多学科团队。每月进行 1~2 次线上+线下结合的多学科讨论，基于病例进行相关基础知识、疾病诊断、临床思维、治疗决策等方面的讨论与教学。首先由管床医生以 PPT 形式介绍患者基本病情，提出诊疗方案与存在问题。然后由指导教师及参与讨论的上级医师根据学员的汇报内容进行提问并讲解，学员在回答问题及学习上级医师分享的经验中获得提高。

1.2.4　3D 打印模型的制备与教学应用

首先对患者的肢体进行 CT 扫描（GE VCT 64 slice），层厚 1.25 mm，分辨率 512 × 512 像素，将获得的骨骼二维图像保存为 DICOM 格式。随后使用 Mimics 软件（Materialise Mimics V20.0）对二维图像数据进行处理，逆向建模获得三维模型。将骨骼模型以 STL 格式导出，导入软件 UG（UG NX 12.0）中，进行个性化肢体骨缺损模型及定制式假体的设计。最后将模型数据导入 3D 打印机进行树脂打印获得模型实物。图 1 展示了不同形态的 3D 打印钛合金假体模型与假体植入树脂骨缺损模型内。首先，教师利用假体模型及骨缺损模型对假体的结构、设计思路、应用场景、骨缺损范围与形态进行介绍与讲解。随后，教师利用两种模型模拟假体植入骨缺损及内固定过程，详细讲解手术步骤及注意事项。管床医生学习后，利用模型反复练习假体的植入与内固定过程，掌握其中的操作要点。

1.2.5　数字化手术视觉模拟的模型建立与教学应用

首先采集患者骨缺损所在肢体薄层 CT 扫描数据，利用 Mimics 软件（Materialise Mimics V20.0）进行图像分割和三维重建，建立骨骼整体和骨缺损局部模型。根据软组织条件、解剖毗邻关系及假体结构动态模拟假体的植入、髓内钉与螺钉内固定等手术过程，实现假体与骨缺损相匹配。此过程可重复操作，并可做到无障碍、任意角度地观摩学习，并且能够针对发现的问题进行及时修正并模拟。如图 2 所示，管床医生可通过 Mimics 交互平台进行假体植入过程的反复模拟操作，尝试不同的手术方案，同时与教师讨论不同方案的异同及优劣，共同制定最终手术方案。

1.2.6　手术实操教学

管床医生实际亲身参与患者的骨缺损修复及



A. 多形态3D打印多孔假体　B. 股骨缺损　C. 胫骨缺损　D. 肱骨缺损

图 1　教学实物模型展示

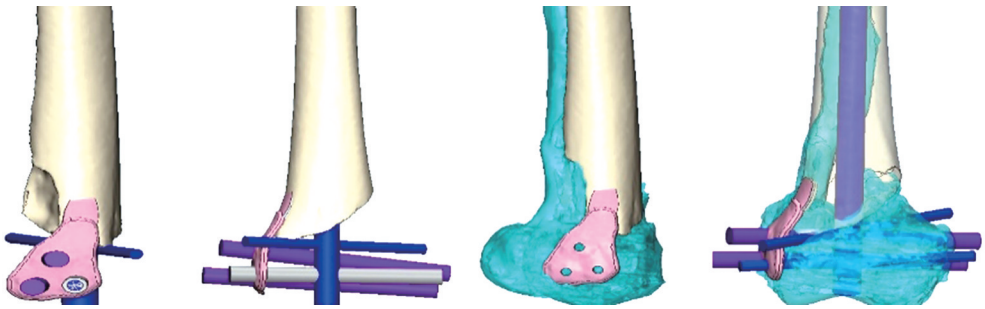


图2　基于医工交互平台的3D打印假体植入与固定手术的动态模拟示意图

3D打印假体植入手术，与上级医师共同完成既定假体植入方案，术中可与教师对遇到的问题进行及时讨论。同时，通过成功植入假体治疗骨缺损，管床医生可获得成就感。

1.2.7　文献阅读与分享讨论教学

在万方、中国知网、PubMed、Web of Science等数据库进行文献检索，搜索关于骨缺损、骨髓炎、骨不连、骨肿瘤相关的最新研究文献报道，汇总形成PPT进行文献汇报，了解并掌握相关领域最新进展，每月进行1次，采用线上线下相结合的方式。

1.3　评价指标

将所有纳入研究的医生分为住培组和进修组，每项评价指标都进行组内培训并进行前后比较与组间比较。

理论知识考核：采取笔试的形式。25道选择题，每题2分，共50分。内容涉及疾病的基本概念、病例分析、临床诊断、疾病分型、治疗决策等。

临床技能操作考核：针对骨髓炎源性骨缺损患者，考核病原微生物标本的采集操作和污染感染伤口的换药操作。每项25分，共50分。重点考查医患沟通、无菌操作、器械使用、院感防控等内容。

通过查房时的床旁问答及实际管理患者的临床能力，对医生的表现进行客观打分评价：每项打分均由2名不同的带教教师完成，取二者的平均分，满分100分。打分指标包括学习兴趣（10分）、对四肢骨缺损专病的理解程度（10分）、临床思维水平（10分）、面对复杂骨缺损病例的自信心（10分）、骨缺损修复手术的空间思维能力（10分）、实际管理四肢骨缺损患者的总体表现（50分）。每一项指标都按照“优秀、良好、一般、差”的标准进行分级打分，其中满分10分的指标分别代表“8~10分、6~7分、4~5分、1~3分”，满分50分的指标分别代表“45~50分、35~44分、25~34分、1~24分”。

教学满意度评价：通过问卷调查的方式评价培训医生对该教学模式的认可程度和满意程度。主要评价内容包括课程内容是否新颖、备课是否充分、3D打印模型及可视化手术模拟的教学效果、对临床能力提升的帮助、答疑是否满意等。满分100分，满意为>90分，一般满意为75~90分，不满意为<75分。

1.4　统计学方法

应用SPSS 22.0统计软件进行数据处理。计量数据以（均数 ± 标准差）的形式表示，采用独立样本t检验分析。检验水准α=0.05。

2　结果

2.1　两组理论知识与临床实践技能考核结果

在理论知识与临床技能操作考核两个方面，住培组得分在培训前均低于进修组（P<0.001）。教学培训后，住培组的理论知识考核成绩仍低于进修组（P<0.001），但对于病原微生物样本的采集和污染伤口的换药两项操作考核，两组间差异无统计学意义（P>0.05）。将两组培训前后的考核结果进行比较可知，在理论知识与临床实践操作考核2个方面，两组在培训后的成绩都有提高（P<0.05、P<0.01）。具体见表1。

2.2　两组临床表现的客观评价结果

在学习兴趣、对四肢骨缺损专病的理解程度、临床思维水平、面对复杂骨缺损病例的自信心、骨缺损修复手术的空间思维能力、实际管理骨缺损患者的总体临床表现6个方面，住培组的培训前得分均低于进修组（P<0.001）。培训后，住培组在学习兴趣、面对复杂骨缺损病例的自信心、骨缺损修复手术的空间思维能力和实际管理骨缺损患者的总体临床表现4个方面与进修组差异无统计学意义（P>0.05）。两组培训前后的客观评价结果相比较，住培组在6个方面均有提高（P<0.01），而进修组只在对四肢骨缺损专病的理解程度、面对复杂骨缺损病例的自信心、骨缺损修复手术的空间思维能力、实际管理骨缺损患者的总体临床表现4个方面有提升（P<0.01）。具体见表2。

表 1　两组医生的理论知识与临床技能操作考核结果[($\bar{x} \pm s$),分]

组别	理论知识考核		病原微生物标本的采集操作		污染伤口的换药操作	
	培训前	培训后	培训前	培训后	培训前	培训后
住培组	23.1 ± 8.0	32.4 ± 6.7[b]	14.6 ± 3.2	19.6 ± 2.0[b]	16.9 ± 3.5	20.8 ± 2.2[b]
进修组	34.2 ± 4.2	42.2 ± 3.8[b]	19.2 ± 2.5	20.5 ± 2.5[a]	20.6 ± 2.2	21.5 ± 2.3[b]
*t*值	−8.09	−8.02	−7.03	−1.62	−5.65	−1.40
*P*值	< 0.001	< 0.001	< 0.001	0.109	< 0.001	0.167

注：a，与培训前的结果相比，*P*<0.05；b，与培训前的结果相比，*P*<0.01。

表 2　两组表现的客观评价结果[($\bar{x} \pm s$),分]

组别	学习兴趣		对四肢骨缺损专病的理解程度		临床思维水平		面对复杂骨缺损病例的自信心		骨缺损修复手术的空间思维能力		实际管理骨缺损患者的总体临床表现	
	培训前	培训后	培训前	培训后	培训前	培训后	培训前	培训后	培训前	培训后	培训前	培训后
规培组	6.9 ± 1.1	8.3 ± 0.8[b]	6.3 ± 1.5	7.4 ± 0.7[b]	5.0 ± 1.4	7.2 ± 1.3[b]	4.0 ± 1.5	7.9 ± 1.2[b]	6.4 ± 1.6	8.4 ± 0.8[b]	28.6 ± 2.4	40.3 ± 2.6[b]
进修组	8.4 ± 0.8	8.6 ± 1.0	7.2 ± 1.1	8.1 ± 0.9[b]	7.8 ± 1.1	8.0 ± 1.1	6.6 ± 0.9	8.1 ± 1.2[b]	7.3 ± 0.9	8.6 ± 0.8[b]	37.3 ± 1.8	41.4 ± 2.3[b]
*t*值	−7.07	−1.42	−3.14	−3.35	−10.23	−2.87	−9.52	−0.87	−3.18	−1.18	−10.81	−1.93
*P*值	< 0.001	0.161	0.002	0.001	< 0.001	0.005	< 0.001	0.389	< 0.001	0.241	< 0.001	0.056

注：a，与培训前的结果相比，*P*<0.05；b，与培训前的结果相比，*P*<0.01。

2.3　两组对教学培训的满意度评价

住培组对以“3D 打印模型联合可视化手术模拟”为核心的综合创新教学模式的满意度评分为(95.3 ± 3.2)分，进修组对以“3D 打印模型联合可视化手术模拟”为核心的综合创新教学模式的满意度评分为(94.8 ± 2.8)分，两组间比较差异无统计学意义(*P*=0.241)。

3　讨论

应用 3D 打印技术治疗四肢大段骨缺损已逐渐在临床上获得推广与接受，有效弥补了传统治疗方法的不足，可以根据骨缺损的大小及形态进行个性化植入物设计，最终实现骨缺损的精准修复。骨科在国内较早开展 3D 打印技术的临床实践应用，本课题组借此优势开展了针对四肢骨缺损专病诊疗的创新教学模式探索，使管床医生和患者能够同时获益。

3.1　四肢骨缺损的专病诊疗新模式对临床教学培训提出了更高的要求

本研究结果表明，对于四肢骨缺损专病的临床诊疗，住培医生在教学培训前的各项考核评价结果均低于进修医生(*P*<0.001)。住培医生由于专业背景多样、临床经验阅历少、骨科专业书籍与文献阅读少，在面对四肢骨缺损这一骨科难处理并发症时，往往出现单纯机械性记忆解剖结构、理论知识理解困难、学习兴趣不高、临床实践技能难以掌握、骨科学习满意度较低等问题。常规的基于解剖图谱资料的骨科教学方法仅能提供正常解剖结构的信息，无法有效结合病例；而 X 线及 CT 扫描等影像资料能够提供疾病的更多信息，但仍缺少切实的直观感受。特别是随着“精准医疗”概念在骨科临床获得推广与实践[4-5]，疾病的诊疗趋于专病化与个性化，更注重同一种疾病的诊断、治疗及预后的全过程管理[6]，这对临床医生的要求相应提高。本研究针对四肢骨缺损的专病诊疗进行创新模式教学培训，十分有助于提升管床医生的专病诊疗能力。

3.2　创新教学模式可显著提高规培医生的专病理解及临床管理能力

应用 3D 打印模型来提升临床教学质量已在国内外获得较广泛的推广。一篇文献回顾研究结果表明，截至 2020 年 7 月国内外共有 617 篇文献报道了将 3D 打印模型应用于临床教学的研究，热点主要集中于解剖学教育、外科手术模拟及骨科领域教学等[7]。3D 打印模型可以改善枯燥乏味的教学氛围，也能够将抽象复杂的疾病变得形象具体、可触及，可以帮助学员理解知识、提升学习兴趣与临床实践能力[8]。本研究中的教学模式在此基础上将可视化手术模拟与 3D 打印模型相结合，对学生的手术规划及手术操作能力有更好的提升，提高了学生学习兴趣，激发了学生的主动性和积极性。同时，带教教师将管床医生在临床管理患者时遇到的问题进行收集，进行案例教学(case-based learning，CBL)，通过开放的讨论使学员对疾病的诊疗有更深刻的理解与认识。本研究结果表明，住培医生的各项评价结果相比于培训前都有提升(*P*<0.01)。并且，在病原微生物的标本采集操作、污染伤口的换药操作、学习兴趣、面对复杂骨缺损病例的自信心、骨缺损修复手术的空间思维能力、实际管理骨缺损患者的

总体临床表现等方面，住培医生与进修医生在培训后比较，差异无统计学意义（P>0.05）。这也充分说明针对专病教学模式的优势，可以在较短时间内使骨科临床基础相对薄弱的住培医生对四肢骨缺损的理解及围术期管理能力有一定提高。

3.3 创新教学模式有助于增强进修医生对专病的认知及手术技术

进修医生已经积累了一定的疾病知识与临床技能，很多人是带着临床问题并且更注重手术技术的学习，最终目的也是将学到的新知识与新技术带回到自己的工作岗位上，所以进修医生在教学深度和实用性上有着更高、更具体的要求。带教教师应用3D打印模型联合可视化手术模拟的教学模式不拘泥于课本知识，将新技术及新理念与临床复杂病例相结合，可打破进修医生原有的疾病理解固定思维。定期的文献分享及阅读成果交流能保证教师和学生对相关领域的最新研究进展有着同步的了解与认识。本研究结果表明，该创新教学模式能提升进修医生在理论知识考核、临床技能操作、对四肢骨缺损专病的理解程度、面对复杂骨缺损病例的自信心、骨缺损修复手术的空间思维能力、实际管理骨缺损患者的总体临床表现等方面的考核评价结果。传统的手术技能教学以手术现场观摩为主，此方法虽然可以通过切口暴露为学员提供实际信息，但有限的术野往往使学员难以全流程看到手术操作步骤。该创新教学方法可以让学员先根据病例及3D打印模型设计手术方案，再进行反复的可视化手术虚拟模拟，从而在术前清晰直观地理解手术操作要点，如体位摆放、手术入路、病灶清除、截骨、假体植入、内固定等内容。同时，应用3D打印模型增加了学员操作练习的机会，使其真实体会手术过程，学员在模型上进行手术操作时可以有针对性地提出问题，带教教师予以解答，形成了良好的课堂氛围与互动性。

3.4 3D打印模型联合可视化手术模拟教学模式的不足之处

这种教学模式的不足之处在于太过偏重实践，对四肢骨缺损专病的“三基”教学内容相对缺少。本研究表明，住培医生在教学培训后的理论知识考核成绩虽有提升但仍低于进修医生（P<0.001），这表明对于临床基础相对薄弱的住培医生应进一步加强基础知识理论授课内容。特别是对不同临床基础背景的学生进行教学培训时，要充分注重因材施教，将四肢骨缺损专病的理论知识、临床实践技能、围术期管理等内容融会贯通，形成统一的教学体系[9]。

4 结语

在对骨科住培医生及进修医生进修四肢骨缺损专病的临床教学培训中，应用3D打印模型联合可视化手术模拟的教学可提高他们对疾病的理解水平及临床管理患者的实际能力，可在短时间内使临床基础相对薄弱的住培医生临床水平明显提高，同时也能满足进修医生对学习新技术、新理念的客观需求，能够获得较好的教学满意度。

本研究的不足之处在于纳入的研究对象数量相对较少。课题组将持续实施此创新临床教学模式，纳入更多的临床医生评价教学效果，并着力开展多中心研究以进一步提高研究结果的说服力。

利益冲突　所有作者声明无利益冲突

作者贡献声明　刘冰川、李星材：数据收集与分析、论文撰写；刘冰川、杨钟玮、侯国进：临床教学、质量评估；周方、田耘：提出论文构思、对研究总体进行把关、修改论文

参考文献

[1] Migliorini F, la Padula G, Torsiello E, et al. Strategies for large bone defect reconstruction after trauma, infections or tumour excision: a comprehensive review of the literature [J]. Eur J Med Res, 2021, 26(1): 118. DOI: 10.1186/s40001-021-00593-9.

[2] Xu L, Qin H, Cheng Z, et al. 3D-printed personalised prostheses for bone defect repair and reconstruction following resection of metacarpal giant cell tumours [J]. Ann Transl Med, 2021, 9(18): 1421. DOI: 10.21037/atm-21-3400.

[3] Xu L, Qin H, Tan J, et al. Clinical study of 3D printed personalized prosthesis in the treatment of bone defect after pelvic tumor resection [J]. J Orthop Translat, 2021, 29: 163-169. DOI: 10.1016/j.jot.2021.05.007.

[4] Li B, Zhang M, Lu Q, et al. Application and development of modern 3D printing technology in the field of orthopedics [J]. Biomed Res Int, 2022, 2022: 8759060. DOI: 10.1155/2022/8759060.

[5] Schulze M, Gosheger G, Bockholt S, et al. Complex bone tumors of the trunk-the role of 3D printing and navigation in tumor orthopedics: a case series and review of the literature [J]. J Pers Med, 2021, 11(6): 517. DOI: 10.3390/jpm11060517.

[6] 李蕊岑，杨先碧，刘丹，等. 慢性病专病全程管理模式的探索与应用[J]. 中华健康管理学杂志，2021，15(6)：595-598. DOI: 10.3760/cma.j.cn115624-20210127-00047.

[7] 周倩，魏涛，胡紫宜，等. 国内外临床教学中应用3D打印模型相关研究的知识图谱分析[J]. 中华医学教育杂志，2021，41(1)：40-43. DOI: 10.3760/cma.j.cn115259-20200721-01092.

[8] 刘啸. 3D打印教学模型在脊柱外科教学中的应用[J]. 中华医学教育探索杂志，2021，20(2)：189-192. DOI: 10.3760/cma.j.cn116021-20200130-00400.

[9] 李思，王可欣，王斌. 住培教育中对不同类型学员学习模式的探索[J]. 中国继续医学教育，2021，13(34)：78-82. DOI: 10.3969/j.issn.1674-9308.2021.34.020.

（收稿日期：2022-04-17）
（本文编辑：兰明娟）