·住院医师规范化培训·

3D打印技术结合 PACS 在泌尿外科第二阶段住院医师规范化培训中的应用

田晓军　邱敏　颜野　刘茁　刘余庆　马潞林　黄毅
北京大学第三医院泌尿外科　100191
通信作者：邱敏，Email：13511029003@163.com

【摘要】 本研究探讨并实践了 3D 打印技术结合 PACS 在泌尿外科住院医师规范化培训中的应用。针对接受第二阶段规范化培训的住院医师，在教学中引导学员对 CT 影像、三维 CT 重建资料及 3D 打印实体进行观察分析；结合实际肾脏肿瘤病例，对 3D 打印实体模型进行讲解，帮助学员形象地学习疾病特征，制定肾部分切除手术方案；再结合手术实际过程，让住院医师深入探究疾病解剖特点及治疗方案。初步实践结果显示，3D 打印技术结合 PACS 的应用，可以使住院医师在短时间内掌握肾肿瘤解剖特点，并加深学员对手术方案与技巧的理解，该教学方式值得在临床各学科中推广。

【关键词】 3D 打印；　泌尿外科；　住院医师规范化培训
【中图分类号】 R69
DOI：10.3760/cma.j.issn.2095-1485.2019.05.023

Application of three-dimensional printing technology combined with PACS imaging system in phase II standardized training of residents in urology

Tian Xiaojun, Qiu Min, Yan Ye, Liu Zhuo, Liu Yuqing, Ma Lulin, Huang Yi
Urology Department, Peking University Third Hospital, Beijing 100191, China
Corresponding author: Qiu Min, Email: 13511029003@163.com

[5] Jurkovic D, Memtsa M, Sawyer E, et al. Single-dose systemic methotrexate vs. expectant management for treatment of tubal ectopic pregnancy: a placebo-controlled randomized trial [J]. Ultrasound Obstet Gynecol, 2017, 49(2): 171-176. DOI: 10.1002/uog.17329.

[6] Alsammani M, Moona N. Predictors of success of a single-dose methotrexate in the treatment of ectopic pregnancy [J]. J Obstet Gynaecol India, 2016, 66(4): 233-238. DOI: 10.1007/s13224-014-0668-3.

[7] Brady PC. New evidence to guide ectopic pregnancy diagnosis and management [J]. Obstet Gynecol Surv, 2017, 72(10): 618-625. DOI: 10.1097/OGX.0000000000000492.

[8] 唐琼兰，蒋学凤. 基于病例的手术实况转播在妇产科本科实践教学中的应用[J]. 中华医学教育探索杂志，2016，15(10)：1053-1056. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-1485.2016.10.020.
Tang QL, Jiang XF. Application of live surgery teaching based on cases teaching in clinical practice undergraduate teaching of obstetrics and gynecology [J]. Chin J Med Edu Res, 2016, 15(10): 1053-1056. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-1485.2016.10.020.

[9] 赵茵，路思思，季湘年，等. 虚拟病人在妇产科临床教学中的应用实践[J]. 中华医学教育探索杂志，2015，14(9)：933-936. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-1485.2015.09.019.
Zhao Y, Lu SS, Ji XN, et al. The application of virtual patient gynecology and obstetrics clinical teaching [J]. Chin J Med Edu Res, 2015, 14(9): 933-936. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-1485.2015.09.019.

[10] Jwa SC, Kamiyama S, Takayama H, et al. Extrauterine choriocarcinoma in the fallopian tube following infertility treatment: implications for the management of early-detected ectopic pregnancies [J]. J Minim Invasive Gynecol, 2017, 24(5): 855-858. DOI: 10.1016/j.jmig.2017.03.006.

（收稿日期：2018-11-04）
（本文编辑：唐宗顺）

【Abstract】 This study explores the application of three-dimensional(3D) printing technology combined with PACS in the standardized training of residents in urology. For the residents who received phase Ⅱ standardized training, they were guided to observe and analyze CT images, 3D CT reconstruction data, and 3D printing entity during teaching; with reference to the cases of kidney tumors, the 3D printing entity model was explained to help the trainees learn the characteristics of the disease and formulate the operation plan of partial nephrectomy; an explanation of the actual surgical procedure gave them a deeper understanding of the anatomical characteristics and treatment regimens of the disease. The preliminary results of practice show that the application of 3D printing technology combined with PACS can enable residents to grasp the anatomical characteristics of renal tumors within a short time and deepen their understanding of surgical procedures and techniques. This teaching method holds promise for application in clinical specialties.

【Key words】 Three-dimensional printing; Urology; Standardized training of residents
DOI:10.3760/cma.j.issn.2095-1485.2019.05.023

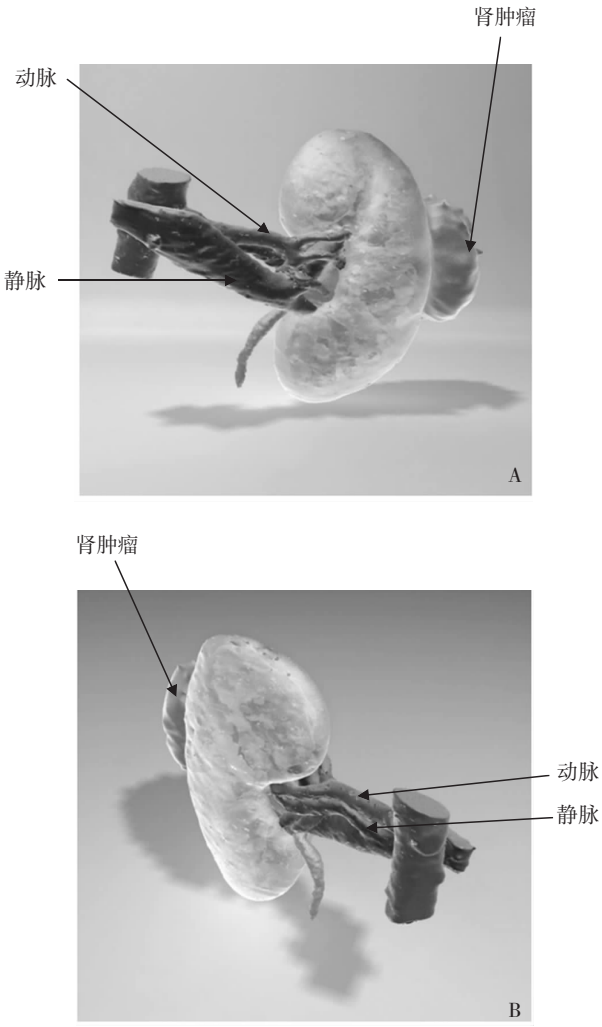
泌尿外科专业住院医师规范化培训的对象主要是,完成第一阶段外科轮转培训的泌尿外科医生及泌尿外科博士研究生(即第二阶段住院医师)。此阶段的主要培训目的是,让学员掌握泌尿外科专业疾病的诊断及手术。泌尿系肿瘤,特别肾脏肿瘤是教学重点;如何让培训对象深入理解泌尿外科疾病并制定相应治疗策略是教学中的一大难点。

目前,影像归档和通信系统(picture archiving and communication systems,PACS)已成为临床常用的阅片工具,医生可以应用电脑通过 PACS 对 CT 片进行阅读。随着 3D 打印技术的出现,将 PACS 系统中 CT 参数导出后可以个体化打印不同患者的病变模型。通过 CT 重建及 3D 打印模型,可以让培训对象更好地理解疾病及相应治疗方法,显著提高教学效果。一些文献已对 3D 打印模型在外科系统的教学应用作了报道[1-2],而在肾脏肿瘤培训过程中,北京大学第三医院泌尿外科也积累了一定经验,现以 3D 打印肾脏肿瘤辅助教学为例, 介绍相关实践情况如下。

1　教学设计与实施

1.1　CT 资料的获取、三维重建及 3D 打印

选择北京大学第三医院泌尿外科 1 例肾肿瘤患者,通过 PACS 阅片,到影像科 CT 室调取患者 CT影像的各种数据参数,预备制作模型。在计算机的控制下,输入患者的 CT 数据进行建模(图 1),使用 3D 打印机器,可自动而迅速地将患者的肾脏及肿瘤、肾脏血管、输尿管等,按照 1∶1 比例打印出个性化实体模型(图 2)。



注:A 为腹侧观;B 为背侧观;以左侧肾脏肿瘤为例,可以旋转到不同角度以观察肿瘤位置及血管的关系

图 1　3D 打印建模示例

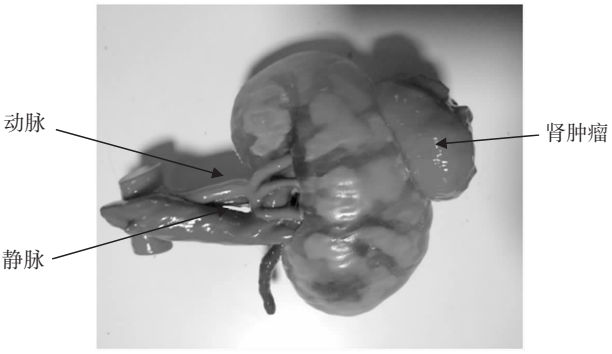


图 2　3D 打印出的模型（示例）

1.2　3D 打印结合 PACS 教学的实施

教学对象为泌尿外科专业规培二阶段住院医师及博士研究生。先让学员通过问病史、查体了解患者的病情，采用 PACS 阅读患者的 CT 平片和三维重建等影像学资料，大致了解肾脏肿瘤的位置、肿瘤与周围重要结构的关系，通过 CT 影像学特点大致给出疾病的初步诊断。然后结合 3D 打印模型，更加立体直观地了解疾病特点。3D 打印的肾脏模型可以纵行剖开，让学员进一步了解肾脏内部情况及肿瘤深部情况，肿瘤与血管、肾盂等的关系。根据 3D 打印模型制订肾部分切除手术方案，设计手术入路。带教教师针对具体模型讲解手术操作的详细步骤及术中注意事项；比如，如何处理相关血管及肾脏集合系统，如何缝合，如何避免损伤血管、输尿管等重要脏器等手术细节。使学员更加形象、快速、精确地掌握疾病特点和手术情况。

教学后对学员暴露问题或存在疑惑进行讲解，同时组织学员积极准备手术；在术中及术后再根据手术具体情况进行讲解，以提高学员对肾脏肿瘤手术的整体认识。

2　思考

2.1　关于 3D 打印技术

3D 打印又称快速成型技术，是一种依据计算机数据，将所需产品分层，运用金属粉末、光敏树脂等可粘合材料层层叠加，最终生成实物；涵盖 3D 印刷、选择性激光烧结、选区激熔化和熔融沉积造型等。3D 打印技术具有个性化、精准化、远程化等特点，3D 打印技术在医学领域中的应用很广泛，其优势是可以清楚显示人体深部结构，适用于颅脑等复杂部位模型的建立；主要包括在外科手术辅助、个性化医疗器械打印，以及组织工程学、医学教育和基础科研等方面的应用[3]。

3D 打印的步骤：数据采集这是 3D 打印技术的第一步，也是关键的一步，只有获得了完整准确的数据资料才能进行三维重建。在医学领域，随着 CT 和 MRI 技术的发展，放射学诊断以其创伤小、分辨率高、成像快等优点成为最理想的数据获取手段。CT 数据可以通过 PACS 导出，将采集到的数据导入三维重建软件，导出保存为 3D 打印机能识别的文件格式；再通过软件将文件转换为打印机能读取的横截面信息，利用 3D 打印材料通过热融等方式逐层打印出来，冷却后即成为一个整体。这种技术的特点是对需打印的物体形状无特殊要求，且打印的精度非常高。

2.2　3D 打印在住院医师培训中的应用优势

在第二阶段规范化培训中，住院医师需要掌握泌尿外科的基本理论、基本治疗原则。但对于刚刚进入第二阶段规培的住院医师来说，如何理解肾脏肿瘤的部位、大小、周围脏器比邻关系，以及如何安全有效地制定手术方式、手术策略是一大难点。通过 3D 打印技术，可以清晰、直观、形象、个性化地让住院医师很好理解疾病特点及相应的治疗方案，比以往文字描述、CT 平片阅读展示效果更好。所以带教教师结合 3D 打印技术在住院医师教学中作了一些尝试。

传统的泌尿外科临床教学方式为，教师带领学生开展病房查房工作，在患者床前询问病史，进行体格检查，然后进行影像学资料阅片，根据疾病特点进行影像学资料讲解，接着组织学员集中讨论。但因缺乏一些形象的资料辅助，该类教学对于如何进行手术缺乏指导性；且因涉及不同患者、不同疾病，这些知识在口头讲授中显得非常抽象和枯燥，住院医师感觉不易理解。3D 打印技术的出现，加上 PACS 的普及应用，使患者的影像学资料和 3D 打印实体模型能有机结合起来，可帮助医者清晰掌握患者具体情况实施个体化治疗；之后可继续应用相关技术跟踪病变情况，根据病变情况进行治疗方案的选择；还可以应用相关技术模拟手术过程，使得住院医师对治疗方案产生深刻认识。这样可充分调动住院医师的学习热情，用最快、最直接的方式教会住院医师如何阅片，促其深入了解疾病情况和制订治疗方案及具体手术操作步骤[4-6]。

本研究以肾脏肿瘤为例，通过 3D 打印模型全面展示肾脏肿瘤的位置大小，与肾盂肾盏的关系、侵

犯程度，与周围脏器的关系、侵犯程度，使住院医师更形象地理解患者的症状，判断是否有血尿、是否有腰痛等。同时还可以帮助医者制订手术方案，如本例患者由于肿物位于肾脏中部背侧，基底较浅，故选择肾部分切除手术。通过 3D 打印模型，可以更具体了解肾脏血管的情况，如有无血管变异、副肾动脉、副肾静脉等。像本例肾动脉分支较早，有 3 支，属于有变异，术前了解到此种情况后，术中可以更好地选择肾动脉阻断，避免血管损伤。在教学过程中可让学员更充分地了解这些内容，增加对手术方案的理解。详细了解肾脏及肿物的局部解剖，据此制订合理的手术方案，确定手术步骤、肿瘤切除范围，如何控制肾动静脉等，做到心中有数[7]。

当然，此种教学也有一些不足之处：①3D 打印的制作成本较高，根据材质不同，价格在几千到几万。②时间成本较高，CT 数据的收集及 3D 打印建模需要很多时间来准备。不过随着技术的进步，3D 打印成本会越来越低；随着制作者熟练程度的提高，数据获取及建模的所需时间会越来越短。

利益冲突　所有作者均声明不存在利益冲突

作者贡献声明　田晓军、邱敏：负责项目方案的制定，数据的收集和文章的撰写及修改；颜野、马潞林、黄毅：负责项目的指导与验收；刘茁、刘余庆：负责教学、辅助项目方案的制定，数据的收集

参考文献

[1] 李曙明，李萌，杨益民，等. 3D 打印及计算机辅助技术在骨科临床教学中的应用探讨——以复杂脊柱畸形治疗为例[J]. 中国医学教育技术，2015(2)：191-193，194. DOI: 10.13566/j.cnki.cmet.cn61-1317/g4.201502024.
Li SM, Li M, Yang YM, et al. Exploration of the application of 3D printing and computer-aided technology in orthopedic clinical teaching: taking treatment of complex spinal deformity for an example [J]. China Medical Education Technology, 2015(2): 191-193, 194. DOI: 10.13566/j.cnki.cmet.cn61-1317/g4.201502024.

[2] 吴洲鹏，袁丁，赵纪春，等. 3D 打印腹主动脉瘤模型在规培住院医师血管外科轮转教学中的应用[J]. 中华医学教育探索杂志，2018，17(6)：611-615. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095 -1485.2018.06.017.
Wu ZP，Yuan D，Zhao JC，et al. The application of three-dimensional printing abdominal aortic aneurysm improve the teaching effect for the residents in vascular surgery department [J]. Chin J Med Edu Res, 2018, 17(6): 611-615. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095 -1485.2018.06.017.

[3] Derby B. Printing and prototyping of tissues and scaffolds [J]. Science，2012，338 (6109): 921-926. DOI: 10.1126/science.1226340.

[4] 王萍. 3D 打印及其教育应用初探[J]. 中国远程教育，2013(8)：83-87. DOI: 10.3969/j.issn.1009-458X.2013.08.016.
Wang P. A preliminary study of three-dimensional printing and its educational application [J]. Distance Education in China, 2013(8): 83-87. DOI: 10.3969/j.issn.1009-458X.2013.08.016.

[5] 杨洁，刘瑞儒，霍惠芳. 3D 打印在教育中的创新应用[J]. 中国医学教育技术，2014，28(1)：10-13. DOI: 10.3969/j.issn.1004-5287.2014.01.003.
Yang J, Liu RR, Huo HF. Creative application of 3D printing in education [J]. China Medical Education Technology, 2014, 28(1): 10-13. DOI: 10.3969/j.issn.1004-5287.2014.01.003.

[6] 李锋涛，王栋，程剑，等. 3D 打印结合 PACS 系统在骨科 PBL 临床教学模式中的应用[J]. 中国医学教育技术，2015(3)：288-290. DOI: 10.13566/j.cnki.cmet.cn61-1317/g4.201503014.
Li FT, Wang D, Cheng J, et al. Application of the PACS and 3D printing technology combined with PBL in orthopedic clinical teaching [J]. China Medical Education Technology, 2015(3): 288-290. DOI: 10.13566/j.cnki.cmet.cn61-1317/g4.201503014.

[7] 葛宏伟，张弋，李宁忱，等. 3D 打印技术在肾肿瘤手术规划中的应用研究初探[J]. 中华泌尿外科杂志，2014，35(9)：659-663. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1000-6702.2014.09.007.
Ge HW，Zhang Y，Li NC，et al. Application of 3D-printing technology in surgical planning for renal tumor: a preliminary report [J]. Chinese Journal of Urology, 2014, 35(9): 659-663. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1000-6702.2014.09.007.

（收稿日期：2019-01-08）
（本文编辑：蔡骏翔）