

Value analysis of the application of 3D printing technology in standardized training of hepatobiliary surgery residents

Shuai Huang Yafei Zhang* Yimin Ma Peng Xu

First Affiliated Hospital of Zhengzhou University, Zhengzhou, Henan, 450052, China

Abstract

3D printing technology, as a new tool in medical education, has introduced innovative teaching methods for the standardized training of resident physicians in hepatobiliary surgery. This paper explores the application value of 3D printing technology in the training of resident physicians in hepatobiliary surgery, analyzing its advantages in anatomical teaching, surgical simulation, and personalized training. It compares traditional training methods to highlight how 3D printing technology enhances the precision, interactivity, and safety of training, thereby optimizing teaching outcomes. The paper also discusses the potential challenges and future development directions of this technology in clinical practice, providing theoretical references for the innovation of the resident physician training system in hepatobiliary surgery. Research findings indicate that the application of 3D printing technology can significantly improve the operational skills and clinical thinking abilities of resident physicians, with significant promotional value.

Keywords

3D printing technology; hepatobiliary surgery; resident training; standardized training

3D 打印技术应用于肝胆外科住培生规范化培训的价值分析

黄帅 张亚飞* 马艺民 徐芑

郑州大学第一附属医院, 中国·河南 郑州 450052

摘要

3D打印技术作为新兴的医学教育工具,为肝胆外科住院医师规范化培训带来了新的教学手段。本文对3D打印技术在肝胆外科住培生培训中的应用价值加以探讨,并对其在解剖教学、手术模拟及个性化培训中的优势进行分析,对比传统培训模式阐述3D打印技术提升培训精准性、互动性和安全性进而优化教学效果的方式,讨论该技术在临床实践中的潜在挑战和未来发展方向以给肝胆外科住培体系创新提供理论参考。研究结果显示,应用3D打印技术能明显提高住培生操作技能和临床思维能力,且推广价值重大。

关键词

3D打印技术; 肝胆外科; 住培生; 规范化培训

1 引言

住院医师规范化培训,是指高等院校医学类专业本科及以上学历以上学生,即临床医学类、口腔医学类、中医学类和中西医结合类学生,在5年医学院校毕业后,以住院医师身份接受的系统化、规范化培训^[1]。肝胆外科手术较多,一般包括肝囊肿开窗引流术、肝切除术、肝动脉结扎术等。传统培训

模式主要依据理论授课、动物实验和临床观摩的方法,该模式存在资源有限、个性化欠缺等问题。3D打印技术的出现为医学教育带来新可能,能精准重现患者个体化的解剖结构、实现高度仿真的手术模拟,从而让培训更具针对性和有效性。这篇文章旨在探究3D打印技术在肝胆外科住院医师规范化培训中的应用价值,分析其优势与局限性,并指出未来发展方向,以便为肝胆外科教学模式的优化提供参考。

【基金项目】河南省医学教育研究项目“3D打印技术在肝胆外科住培生临床教学中应用探索”(项目编号:WJLX2024047)。

【作者简介】黄帅(1985-),男,中国河南郑州人,博士,副主任医师,从事肝胆胰外科研究。

【通讯作者】张亚飞(1989-),男,中国河南商丘人,博士,主治医师,从事肝胆外科临床与教学研究。

2 3D 打印技术在肝胆外科住培培训中的应用现状

2.1 3D 打印技术在医学教育中的发展概况

3D打印又称增材制造技术,是一种依据三维CAD数据通过逐层材料累加的方法制造实体零件的技术。3D打印技术的历史发展是一个不断进步和拓展的过程^[2]。从早期的快速成型技术到如今的广泛应用,3D打印技术在珠宝设计、医学以及航空航天等领域都有所应用。近年来,医学教育领

域对3D打印技术的应用逐渐拓展,这一技术成为提升临床教学效果的关键工具。3D打印技术利用数字化建模和实体化打印,可精确复制人体器官的解剖结构,为医学生提供直观且可操作的学习材料。在解剖学、外科学等学科中,部分传统标本已逐步被3D打印模型替代,解决了尸体标本稀缺、保存困难的问题。3D打印技术支持个性化定制,按照教学需求能够制作如肿瘤、血管变异等复杂结构的特定病例模型,使教学更有针对性。随着材料科学与打印技术不断进步,3D打印模型的仿真度持续提升,能模拟组织质地和力学特性,手术技能训练的体验也更真实。总体来说,3D打印技术正在改变医学教育的传统模式,也让临床培训有了新的可能。

2.2 肝胆外科住培传统培训模式的局限性

长期以来,理论授课、尸体解剖和临床观摩等方式被用于肝胆外科住院医师规范化培训,但这些方法有明显局限。尸体标本来源少且不能重复使用,满足不了大规模培训需求;动物实验虽能让人实际操作但与人体解剖结构差别大,训练效果不好。传统培训模式还缺少个性化指导,住培生短时间内不易掌握肝叶切除、胆道重建等高风险复杂手术技巧,临床观摩虽能呈现真实场景,但住培生大多只能看,没机会主动操作。这就造成培训效率低,住培生实际操作能力提升慢,需要引入新技术手段,弥补传统培训模式的短板,提高教学效率和培训质量。

2.3 3D打印技术在肝胆外科教学中的初步应用

肝胆外科教学中,3D打印技术已开始扮演重要角色。以患者CT或MRI数据为基础进行3D重建后,能打印出高精度的肝脏、胆道系统模型,从而让住培生更直观地理解复杂解剖关系。肝门部胆管癌教学中,3D模型可清晰展示肿瘤和周围血管、胆管的空间关系,并且辅助手术方案的制定。3D打印技术还能用于手术模拟训练,住培生可在模型上练习肝切除、胆肠吻合等操作,进而提高手眼协调能力和手术熟练度^[5]。部分教学医院试着将3D打印模型纳入考核体系,通过模拟真实手术场景评估住培生的技能水平。虽然现还处于初级阶段,但3D打印技术在肝胆外科教学中的巨大潜力已经显现,会成为未来规范化培训的核心工具。

3 3D打印技术在肝胆外科住培培训中的具体应用方案构建

3.1 复杂肝胆解剖结构的可视化教学

复杂肝胆解剖结构的可视化教学中,3D打印技术有着革命性的应用价值。肝胆系统的血管胆管分布复杂且个体化变异明显,向来是外科教学的难题^[4]。而传统教学靠二维影像和少量大体标本,很难全方位展现肝段划分、门静脉分支、肝动脉走向等关键解剖要素的空间关系。3D打印模型以高精度CT或MRI数据为依据,按1:1比例还原患者真实解剖结构,并用不同颜色区分动静脉系统、胆道系统和肝实质,让住培生直观理解Couinaud肝段划分原则。

而且教学时肝脏模型可设计成模块化拆解的,住培生通过反复拼装就能掌握各肝段立体定位,透明化处理的模型制作出来后内部管道系统走向就可被观察;常见变异(如迷走肝动脉、胆管汇合异常)的模型系列设计出,就能培养识别解剖变异的能力。这种可视化教学冲破了传统解剖学习的时空限制,住培生任何时候都能反复研习且触觉反馈还能强化记忆。更关键的是3D模型能展示病理状态下的解剖变化,肝硬化致使的脉管系统扭曲、肿瘤压迫造成的管道移位等,有助于住培生构建从正常到异常的完整解剖认知体系。这种教学模式对学习效率的提高较为显著,住培生能在较短时间内掌握复杂的肝胆解剖知识。

3.2 常见肝胆手术的模拟训练

肝胆外科手术如胆囊切除、肝部分切除、胆总管探查等,需要精细操作技巧和准确空间判断。传统模拟训练存在诸多的问题,动物模型和人体差异大,尸体标本又难获取,而3D打印则不同,能做出有真实组织特性的手术模型,并且利用多材料混合打印技术,能够模拟肝脏实质的脆性质感、胆管的韧性特征、血管的弹性特点,使住培生近乎能有真实手术体验^[5]。

在训练设计时,阶梯式训练课程可按不同年资住培生设置,初级的练习基本操作,如胆囊三角分离、止血技术;中级的训练肝断面处理、胆管缝合;高级的能够进行完整手术流程演练。而且每个模型都有力反馈系统,可实时记录操作力度、速度等参数,经计算机分析后给出改进建议。为增强训练效果,可设计带常见手术并发症情境的模型,如胆囊动脉出血、胆管损伤等,从而培养住培生应急处理能力;这种系统化手术模拟训练大幅缩短住培生临床学习曲线,使其在进入真实手术室前就有了扎实操作的基础。

3.3 罕见病例的个性化培训

肝胆外科罕见病例的个性化培训中,3D打印技术给出了创新解决方案。临床实践中,某些复杂罕见病例可能多年才能够遇到,但外科医生需要具备处理能力。传统培训模式难以提供这类病例的学习机会,而3D打印却能完美重现罕见病例解剖特征给住培生创造宝贵训练条件^[6]。如肝门部胆管癌侵犯门静脉、巨大肝血管瘤压迫下腔静脉、先天性胆管扩张症的模型都能打印,这些模型不但还原病灶特征还保留和周围重要结构的空间关系,使住培生能预先演练手术方案。培训时可用“病例库”积累各类罕见病例模型,让住培生轮转学习掌握不同病种处理要点。对于超复杂病例,还能团队协作训练,使住培生分别做主刀、一助等角色以培养团队协作能力。这种个性化培训模式突破传统教学随机性,让每位住培生都能系统接触各类罕见病例,从而临床应变能力全面提升,病例库不断丰富使这种培训方式教学价值持久。

3.4 手术规划与医患沟通的辅助应用

在手术规划和医患沟通上,3D打印技术有着独特的培训价值。外科医生需要技术精湛、手术规划科学、医患沟通

有效。住培生能通过打印患者特异性模型，学会基于实体模型制定个体化手术方案。培训时，指导教师提供真实病例影像数据，使得住培生先虚拟三维重建，再用3D打印验证准确性，在模型上模拟手术关键决策，从而培养空间想象和术前规划能力。

在医患沟通培训中，3D打印模型是很好的教学工具，住培生可学着用实体模型向患者及家属直观解释病情、手术方案和潜在风险，比抽象语言描述有效得多^[7]。并且培训设置模拟诊室场景，住培生轮流扮演医患角色，练习用模型通俗专业地解释病情。这种多维度培训提升住培生专业技能的还培养人文关怀意识和沟通能力，有助于成长为全面发展的外科医师。而传统外科培训容易忽视软技能培养环节，3D打印技术能够更好地弥补。

4 未来发展方向与建议

4.1 推动3D打印技术的标准化应用

3D打印技术要在肝胆外科住培中的可持续发展，关键在于建立统一的应用标准。当下各医疗机构在3D打印应用上，模型精度、材料选择、制作流程等方面都存在差异，行业规范亟待制定。即统一影像数据采集参数、三维重建软件选择、打印材料性能指标、模型验证方法等关键环节的标准。要开发针对不同培训目标的模型分级体系，明确基础教学模型和高级手术训练模型的技术要求。建议专业学术组织牵头，让3D打印技术专家、医学教育专家和临床医师一起制定应用指南，建立模型质量认证体系。一旦实施标准化，3D打印模型的教学可靠性和可比性将显著提升，各培训中心的技术门槛会降低，这项技术也会在住培领域中广泛应用。

4.2 加强多学科协作与资源共享

3D打印技术要深入应用于医学教育，就需要打破学科壁垒构建协同创新机制。需要建立一个由外科医师、影像科医师、生物医学工程师和教育专家组成的跨学科团队，一同参与培训模型的研发与优化。搭起区域性3D打印医学教育协作网络，便能共享优质病例数据、模型设计方案和教学经验。探索建立云端模型数据库，各医疗机构将典型病例的3D打印数据传上去，住培生就可以远程学习、下载打印。还应鼓励开展多中心联合研究以评估不同培训模式的效果，从而得到最佳实践方案。这种协作模式不仅能避免重复投入，还能集思广益推动技术创新，有望达成3D打印医学教育生态系统可持续发展的目标。

4.3 探索虚拟现实与3D打印的融合教学

肝胆外科住培全新的教学模式将由虚拟现实技术与3D

打印的结合开创。虚拟现实能给予沉浸式三维视觉体验与交互操作，且3D打印可提供真实的触觉反馈，二者优势互补从而创造出更完整的模拟环境。开发集成系统，住培生先在虚拟环境进行手术规划与模拟操作，再通过3D打印的实体模型对关键步骤进行验证与强化。这种混合现实训练模式保留了虚拟仿真的可重复性和场景多样性，且具备实体操作的真实感。以后若进一步引入力反馈手套等交互设备，住培生就能获得视觉、触觉和力觉的多感官训练体验。技术不断进步，这种融合教学模式有望成为外科技能培训的新标准，从而为培养高素质的肝胆外科医师给予强有力的支持。

5 总结

在肝胆外科住培生的规范化培训中，3D打印技术的应用价值较为显著。过高仿真解剖模型和个性化手术模拟，有效弥补传统培训模式的不足，并提升住培生的操作技能与临床决策能力。3D打印技术还能实现复杂的肝胆结构可视化教学、降低培训风险和成本，从而为住培生提供更安全高效的学习环境。不过，3D打印技术的应用面临着技术成本高、模型精度要求严、师资培训不足等挑战。以后需要进一步推动3D打印技术的标准化和普及、加强多学科协作并探索与虚拟现实等新兴技术融合，才能优化肝胆外科住培体系。总的来讲，3D打印技术为医学教育提供了创新的解决办法，在肝胆外科培训中深入应用有助于培养更多高水平临床医师，推动外科教学持续发展。

参考文献

- [1] 陈海玲,周海莲. 3D打印技术在肝胆外科教学中的应用[J].内蒙古医科大学学报, 2024, 46 (S1): 21-24.
- [2] 卓晗,朱永花,吴琛. 三维打印技术配合情景教学模式在肝胆外科教学中的应用价值[J].中国卫生产业, 2024, 21 (13): 183-185.
- [3] 李敏,邢桂枚,彭俊斌,等. 数字虚拟技术在肝胆外科临床教学中的应用[J].安徽医学, 2024, 45 (05): 650-653.
- [4] 卢斌,倪晨明,马洪运,等. 3D打印技术在肝胆外科教学中的应用[J].医学教育管理, 2023, 9 (02): 206-211.
- [5] 张骋. PBL教学法联合腹腔镜技术在肝胆外科住培中的价值[J].中国继续医学教育, 2023, 15 (01): 87-91.
- [6] 张韩静,刘俊杰,陈文康,等. 3D数字模型系统辅助CBL教学法在肝胆外科临床教学中的应用[J].医学教育管理, 2022, 8 (04): 442-446.
- [7] 徐俊杰,姜是,梁霄. 微创时代下三维重建及3D打印在肝胆外科辅助教学中的应用[J].全科医学临床与教育, 2020, 18 (07): 631-632+635.