

3D 打印技术在心血管内科专科医师规范化培训中的应用价值

韩志启¹, 张秦榛², 王中原¹, 张晶², 龚晓璇²

1. 南京医科大学第一临床医学院, 江苏 南京, 211166; 2. 南京医科大学第一附属医院心血管内科, 江苏 南京, 210029

通信作者: 龚晓璇, E-mail: xiaoxuangong@sina.com

【摘要】 目的 探索 3D 打印技术在心血管内科专科医师规范化培训中的应用效果, 为提升专科医师规范化培训质量提供新思路。**方法** 选取 2024 年 1 月至 2024 年 12 月南京医科大学第一附属医院 40 名无冠心病和结构性心脏病手术治疗经验的心血管内科规培医师作为研究对象, 所有医师随机分为试验组(20 名, 采用理论授课+3D 打印技术培训)和对照组(20 名, 仅采用理论授课), 两组教学时长一致。通过课程考核(诊断准确性、标准化手术操作流程)、教学情况问卷(理论水平、讲解满意度、操作指导水平)及自我评估问卷(学习能力、分析问题能力等)评估教学效果, 采用 SPSS 23.0 进行统计学分析。**结果** 试验组治疗标准化手术操作流程考核成绩显著高于对照组[(42.15 ± 3.00)分和(37.65 ± 3.41)分, $t=4.30, P<0.01$], 两组诊断准确性成绩有明显差异($t=2.54, P=0.02$); 试验组教学情况问卷评分显著高于对照组[(53.35 ± 1.65)分和(51.50 ± 1.66)分, $t=3.45, P<0.01$]; 自我评估中, 试验组医师的学习能力、分析问题能力、实际工作能力评分均显著高于对照组($t=3.53, P<0.01$; $t=4.77, P<0.01$; $t=5.09, P<0.01$), 但团队协作能力评分无显著差异($t=0.82, P>0.05$)。**结论** 3D 打印技术辅助教学可显著提升心血管内科规培医师的标准化手术操作、教学满意度及核心能力(学习、分析问题、实际工作能力), 为专科医师规范化培训提供高效新方法。

【关键词】 3D 打印; 专科医师规范化培训; 心血管内科

【文章编号】 2095-834X (2025)04-44-05

DOI: 10.26939/j.cnki.CN11-9353/R.2025.04.004

本文著录格式: 韩志启, 张秦榛, 王中原, 等. 3D 打印技术在心血管内科专科医师规范化培训中的应用价值[J]. 当代介入医学电子杂志, 2025, 2(4): 44-48

Application value of 3D printing technology in standardized training for cardiovascular physicians

Han Zhiqi¹, Zhang Qinzen², Wang Zhongyuan¹, Zhang Jing², Gong Xiaoxuan²

1. The First Clinical Medical College of Nanjing Medical University, Nanjing 211166, Jiangsu, China; 2. Department of Cardiovascular Medicine, the First Affiliated Hospital of Nanjing Medical University, Nanjing 210029, Jiangsu, China

Corresponding author: Gong Xiaoxuan, E-mail: xiaoxuangong@sina.com

【Abstract】 Objective To explore the application effect of 3D printing technology in the standardized training of cardiovascular medicine specialists and provide new ideas for improving training quality. **Methods** A total of 40 cardiovascular medicine residents with no experience in surgical treatment of coronary heart disease or structural heart disease were selected from the First Affiliated Hospital of Nanjing Medical University from January to December 2024. They were randomly divided into an experimental group (20 residents, receiving theoretical lectures + 3D printing technology training) and a control group (20 residents, receiving only theoretical lectures).

收稿日期: 2025-03-14

基金项目: 江苏省卫生健康委医学科研项目 (M2022025); 南京医科大学第一附属医院青年基金培育计划 (PY2022009); 南京医科大学康达学院教育研究课题 (KDJYJYB202311)

The teaching durations for both groups were the same. The teaching effect was evaluated through course assessments (diagnostic accuracy, standardized surgical operation procedures), teaching situation questionnaires (theoretical level, satisfaction with explanation, operation guidance level) and self-assessment questionnaires (learning ability, problem analyzing ability, etc.). SPSS 23.0 was used for statistical analysis. **Results** The score of standardized surgical operation procedures in the experimental group (42.15 ± 3.00) was significantly higher than that in the control group (37.65 ± 3.41 , $t=4.30$, $P<0.01$), and there was a significant difference in diagnostic accuracy between the two groups ($t=2.54$, $P=0.02$). The score of the teaching situation questionnaire in the experimental group (53.35 ± 1.65) was significantly higher than that in the control group (51.50 ± 1.66 , $t=3.45$, $P<0.01$). In the self-assessment questionnaires, the scores of learning ability, problem analyzing ability and practical work ability in the experimental group were significantly higher than those in the control group ($t=3.53$, $P<0.01$; $t=4.77$, $P<0.01$; $t=5.09$, $P<0.01$, respectively), but there was no significant difference in the score of teamwork ability ($t=0.82$, $P>0.05$). **Conclusion** 3D printing technology-assisted teaching can significantly improve standardized surgical operations, teaching satisfaction and core abilities (learning ability, problem analyzing ability and practical work ability) of cardiovascular medicine residents, providing an efficient new method for the standardized training of specialists.

【Keywords】 3D printing; Standardized training for specialists; Cardiovascular medicine

冠心病与结构性心脏病作为心血管系统常见且极具危险性的疾病^[1],对进行专科医师规范化培训的医师提出更高要求。在传统的心血管内科专科医师规范化培训教学中,使用传统的授课和临床观摩的教学模式^[1]。这种模式往往过于理论化和抽象化,缺乏实际操作和真实情景的感受机会^[3-4]。这会导致专科培训的医师操作能力欠缺,在结束培训后仍然难以独自应对这类疾病。

随着技术水平的进步,3D打印技术在医疗和教育领域有着广泛的应用^[1],尤其是在专科医师规范化培训之中,3D打印冠心病与结构性心脏病模型逐渐成为重要的教学手段^[4]。通过3D打印模型将虚拟的概念转变为可以触及的物理模型,可使医师更直观地观察心血管的解剖结构、病变部位及程度,有助于提升培训的针对性和实效性^[6]。让培训的医师可以有更加深刻具体的培训学习体验,提高自己的医术水平。

在这样的环境背景下,本研究拟探索3D打印技术在心血管内科专科医师规范化培训中的作用,主要涉及冠心病与结构性心脏病两种疾病的培训,希望通过3D打印技术,向培训医师介绍该疾病的具体特征,来提高诊断准确性以及提高治疗效果。在研究后期对培训医师进行专业性考核,并且发放调查问卷,自评个人的综合素养是否提升。通过将3D打印技术与心血管内科专科医师培训相结合,希望为心血管内科专科医师规范化培训提供新的思路和方法。

1 资料和方法

1.1 一般资料 选择2024年1月至2024年12月的参加南京医科大学第一附属医院心血管内科专科医师规范化培训的40名专科医师为教学对象,所有入选

医师均为心血管内科规培阶段(未参与过冠心病或结构性心脏病相关手术的主刀、一助或独立操作),且在既往培训记录中无上述疾病的手术操作记录(包括介入、开放手术等),经科室教学秘书核查确认,是此次教学研究的对象。本研究符合《赫尔辛基宣言》中的医学研究伦理原则;所有医师均知晓并理解本研究内容,签署知情同意书。

1.2 研究方法 采用随机对照设计,通过抽签方式将医师分为试验组($n=20$)和对照组($n=20$)。试验组硕士5人,博士15人;年龄(29.35 ± 1.90)岁。对照组硕士4人,博士16人;年龄(29.60 ± 1.66)岁。两组医师性别构成比较差异无统计学意义(试验组男13例/女7例,对照组男12例/女8例; $\chi^2=0.11$, $P=0.74$),基线资料具有一致性,可进行对比分析。对照组20名专科医师采取理论授课。试验组20名专科医师采取理论授课+3D打印技术培训,即采用打印技术模拟心血管系统的方式进行针对性培训,包括模型结构描述、手术流程模拟和病例模拟考核。具体包括:

(1)3D打印模型观摩:使用1:1比例打印的冠心病(含不同程度狭窄、钙化斑块)和结构性心脏病(如房间隔缺损、主动脉瓣畸形)实体模型,由带教医师讲解解剖结构、病变特征及与周围组织的关系(每次30 min,共7次);

(2)模拟手术操作:在3D打印模型上进行标准化手术步骤演练,包括穿刺点选择、导丝导管操作、病变处理等,带教医师实时纠正操作误差(每次60 min,共15次);

(3)病例模拟考核:结合临床病例,使用3D模型模拟手术方案设计与风险预判(每次45 min,共2次)。

两组总教学时长均为60 h,理论授课内容及时长一致(各40 h),对照组有20 h案例讨论。

1.3 观察指标及评价标准

1.3.1 课程考核 考核两组专科医师对于冠心病与结构性心脏病的诊断准确性(50 分)和标准化手术操作流程(50 分)的掌握程度。第一部分诊断准确性考核为笔试形式,测试专科医生的理论知识;第二部分标准化手术操作流程考核为面试形式,使用病理环境的心血管模型和手术模拟器对两组专科医师进行手术模拟测试,按流程步骤和准确性给分。考试结束后,通过调查问卷的形式对教学情况和自我进行评估和评分。

1.3.2 教学情况问卷 教学结束后,专科医师对两组授课方式进行线上匿名教学情况问卷调查。40 名专科医师分别从课程理论水平(20 分)、讲解满意度水平(20 分)、操作指导水平(20 分)3 个方面进行评分,各方面包括 4 个题目,采取 5 级评分,其中非常不满意计 1 分,不满意计 2 分,一般计 3 分,满意计 4 分,非常满意计 5 分。以下为问卷内容:

(1)课程理论水平:

① 课程内容覆盖了冠心病与结构性心脏病的核心理论知识;

② 理论讲解的深度适合专科医师培训需求;

③ 理论知识与临床实践的结合程度高;

④ 课程 PPT / 教材等资料对理论学习的辅助作用大。

(2)讲解满意度:

① 授课教师对知识点的讲解清晰易懂;

② 授课节奏适中,便于理解和记录;

③ 教师对学员疑问的解答及时且有效;

④ 课程案例的选择与讲解有助于理论理解。

(3)操作指导水平:

① 教师对手术操作步骤的指导具有可操作;

② 对操作中常见错误及时提醒且有针对性;

③ 指导方式(如模型演示、分步讲解)有助于掌握操作要点;

④ 操作练习时的反馈对提升技能帮助大。

问卷编制过程参考了国内外心血管专科培训评估相关文献^[2,6,9],并邀请 3 名心血管内科主任医师和 2 名医学教育专家对问卷内容的相关性、适当性进行评审,经修订后最终定稿,确保问卷能有效测量目标指标,内容效度良好。该问卷的克朗巴赫系数为 0.80,内容效度指数(content validity index,CVI)均为 0.93,表明内容效度良好

1.3.3 自我评估问卷 采用线上匿名调查形式进行自我评估问卷调查,问卷内容包括学习能力、分析问题能力、团队协作能力、实际工作能力四方面,各方面均采用 5 级评分,其中无提升计 1 分,轻度提升计 2 分,一般提升计 3 分,较大提升计 4 分,极大提升计 5 分。

该问卷的克朗巴赫系数为 0.82。CVI 为 0.92,表明内容效度良好。以下为问卷内容:

(1)学习能力:

① 对心血管解剖结构的记忆与理解能力;

② 快速掌握新手术技术要点的能力;

③ 主动查阅相关文献补充知识的积极性;

④ 将理论知识与临床场景结合的能力。

(2)分析问题能力:

① 识别冠心病/结构性心脏病关键病变特征的能力;

② 分析手术操作中潜在风险的能力;

③ 根据患者病情(模拟案例)选择合适手术方案的能力;

④ 总结操作失误原因并改进的能力。

(3)团队协作能力

① 与团队成员沟通手术计划的效率;

② 在模拟手术中配合团队完成分工的协调性;

③ 倾听并采纳团队建议的主动性;

④ 解决团队操作分歧的能力。

(4)实际工作能力:

① 独立完成基础手术操作的熟练度;

② 应对模拟手术中突发情况的冷静度;

③ 规范使用手术器械的能力;

④ 术后评估手术效果的准确性。

1.4 统计学方法 采用 SPSS 23.0 进行统计分析。计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,组间比较采用独立样本 t 检验;计数资料以例数(%)表示,组间比较采用 χ^2 检验。均为双侧检验,以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 两组专科医师的课程考核比较 试验组诊断准确性成绩(44.30 ± 2.10)分略高于对照组(43.90 ± 2.55)分,差异有统计学意义($P=0.02$)。试验组的专科医师标准化手术操作流程的考核成绩为(42.15 ± 3.00)分,高于对照组的成绩(37.65 ± 3.41)分,差异具有统计学意义($t=4.30, P < 0.01$),见表 1。

表 1 两组专科医师的课程考核比较($\bar{x} \pm s$, 分)

| 组别 | <i>n</i> | 诊断准确性 | 标准化手术操作流程 |
|------------|----------|------------------|------------------|
| 试验组 | 20 | 44.30 ± 2.10 | 42.15 ± 3.00 |
| 对照组 | 20 | 43.90 ± 2.55 | 37.65 ± 3.41 |
| <i>t</i> 值 | | 2.54 | 4.30 |
| <i>P</i> 值 | | 0.02 | <0.01 |

2.2 两组专科医师的教学情况问卷比较 教学结束后发放教学情况问卷,共发放 40 份,回收有效问卷 40 份,问卷有效回收率为 100%。试验组的教学情况问卷评分为(53.35 ± 1.65)分,高于对照组的评分

(51.50 ± 1.66)分,差异具有统计学意义($t = 3.45$, $P < 0.01$)。试验组的操作指导水平评分高于对照组,差异具有统计学意义($t = 6.04$, $P < 0.01$);两组的理论水平和讲解满意度评分比较,差异无统计学意义($P > 0.05$)。理论授课+打印技术培训的教学方式明显更有利于专科医师在培训中操作水平的提升,专科医师对这种教学方式更为满意,见表 2。

表 2 两组专科医师的教学情况问卷比较($\bar{x} \pm s$, 分)

| 组别 | n | 理论水平 | 讲解满意度 | 操作指导水平 | 总分 |
|-----|----|------------------|------------------|------------------|------------------|
| 试验组 | 20 | 17.80 ± 0.75 | 17.85 ± 0.80 | 17.70 ± 0.78 | 53.35 ± 1.65 |
| 对照组 | 20 | 17.55 ± 0.74 | 17.65 ± 0.85 | 16.30 ± 0.64 | 51.50 ± 1.66 |
| t 值 | | 1.04 | 0.75 | 6.04 | 3.45 |
| P 值 | | 0.31 | 0.46 | <0.01 | <0.01 |

2.3 两组专科医师的自我评估问卷比较

试验组的学习能力、分析问题能力、实际工作能力评分高于对照组,差异均具有统计学意义($P < 0.01$);两组的团队协作能力评分比较,差异无统计学意义($P > 0.05$),见表 3。

表 3 两组专科医师的自我评估问卷比较($\bar{x} \pm s$, 分)

| 组别 | n | 学习能力 | 分析问题能力 | 团队协作能力 | 实际工作能力 |
|-----|----|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 试验组 | 20 | 4.35 ± 0.65 | 4.55 ± 0.50 | 3.85 ± 0.57 | 4.45 ± 0.59 |
| 对照组 | 20 | 3.55 ± 0.74 | 3.65 ± 0.65 | 3.70 ± 0.56 | 3.55 ± 0.50 |
| t 值 | | 3.53 | 4.77 | 0.82 | 5.09 |
| P 值 | | <0.01 | <0.01 | 0.42 | <0.01 |

3 讨论

3.1 3D 打印技术有助于提高心血管内科专科规范化培训医师的手术操作水平 传统心血管内科专科医师培训中,理论授课和临床观摩模式往往难以让医师直观感受心血管解剖结构与病变细节,导致实际操作能力提升受限。而 3D 打印技术通过将虚拟的心血管结构转化为可触及的物理模型,能让培训医师更清晰地观察冠心病与结构性心脏病的病变部位、程度及解剖关系,为手术操作模拟提供了具象化载体^[7]。

本研究中,试验组在标准化手术操作流程的考核成绩(42.15 ± 3.00)分显著高于对照组(37.65 ± 3.41)分($P < 0.01$),印证了 3D 打印技术的优势。这种教学模式不仅强化了医师对理论知识的理解,更通过“触摸-观察-模拟操作”的闭环,直接提升了其将理论转化为实践的能力,弥补了传统教学中“重理论、轻实操”的短板,尤其对手术操作这类需要空间感知和精细操作的技能帮助显著。且两组诊断准确性成绩有一定差异($P = 0.02$),3D 模型的立体结构帮助医师更精准识别病变特征,间接提升诊断准确性^[8]。

3.2 3D 打印技术有助于提升教学情况满意度 教学满意度是反映教学质量的重要指标,其高低与教学方

式的实用性、启发性密切相关。传统教学模式中,抽象的理论讲解和二维影像资料难以激发医师的深度参与,而 3D 打印模型通过具象化呈现,能让教学内容更易理解、更具吸引力。

本研究结果显示,试验组教学情况问卷评分(53.35 ± 1.65)分显著高于对照组(51.50 ± 1.66)分($P < 0.01$),这与 3D 打印技术提升教学的“操作指导水平”直接相关。医师通过观摩、触摸 3D 打印模型,能更直观地理解课程难点,且模型的互动性增强了教学的参与感,使医师对教学内容的认可度更高,进而提升了整体教学满意度。

3.3 3D 打印技术辅助教学有助于提升专科医师的综合素质 自我评估结果显示,试验组在学习能力、分析问题能力、实际工作能力评分上均显著高于对照组($P < 0.01$),这得益于 3D 打印技术对“理论-实践”转化的促进作用^[9-11]。3D 打印模型为医师提供了“从抽象到具体”的学习路径:通过观察模型细节,医师能更高效地整合理论知识(提升学习能力);通过分析模型中的病变与解剖关系,能更精准地拆解临床问题(提升分析问题能力);而模型辅助的模拟操作,则直接强化了其解决实际临床问题的能力(提升实际工作能力)。

值得注意的是,两组团队协作能力评分无显著差异($P > 0.05$),可能因为两组医师在培训中均参与了小组讨论、病例分析等团队活动,3D 打印技术主要影响个体的知识转化与实操能力,对团队协作这类依赖互动模式的能力影响较小。

3.4 研究局限性 本研究存在一定不足:一是样本量较小(40 名医师),可能限制结果的普适性,未来需扩大样本量进一步验证;二是 3D 打印模型的制作需依赖专业设备和技术,且定制化模型成本较高^[12],可能在基层医疗机构或资源有限的培训体系中推广受限;三是 3D 打印模型的精度与真实人体结构仍存在一定差异^[3-4],如何进一步提升模型的解剖还原度,是未来优化的方向。

综上所述,3D 打印技术有利于心血管内科专科医师规范化培训中操作能力的提高,相较于传统的理论授课,理论授课+3D 打印技术培训更有利于专科医师在操作层面上的能力提高,同时显著提升了专科医师的学习能力、分析问题能力、实际工作能力。在试验组教学中,打印技术培训模拟手术流程,让专科医师的操作水平得到锻炼;3D 打印模型转抽象的理论知识为具体的结构、特征,专科医师面向模型更有助于自身的学习能力;3D 打印模型与案例有机结合,充分锻炼专科医师的综合分析能力和实际工作能力。传统理论授课知识单一扁平化,以记忆和模仿为主,且考核形式单一、标准单一,而本研究中的打印技术

的培训辅助转抽象为具体,以更生动形象的教学模式帮助专科医师拓展思维,有助于提升专科医师的综合水平。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

- [1] 程晋芳,薛君,由迪慧,等.心脏康复在不同心血管疾病中应用的进展[J].中华老年心脑血管病杂志,2024,26(2):229-231.
- [2] 王雪莹,薛传伟,向洁,等.心血管专科医师规范化培训方法与实践[J].中国医院,2023,27(2):80-82.
- [3] 张耀春,郑丽芳,刘融.3D打印技术治疗脑动脉瘤的应用前景[J].中国组织工程研究,2020,24(32):5243-5248.
- [4] 韩春红,闵寒.医教协同视角下临床实践教学质控体系建设探讨[J].中国医院管理,2021,41(7):78-80.
- [5] 张平,曹洁,胡文杰.3D打印在牙周病学临床及教学中的应用研究进展[J].实用口腔医学杂志,2023,39(5):602-606.
- [6] 杨飒,张俊娟,贾曼,等.3D打印模型在脊柱外科护理临床教学中的应用[J].中华护理教育,2023,20(2):179-181.
- [7] 吴凡,汪玲.深化临床医学教育改革培养造就服务健康中国需求的卓越医师[J].中国卫生资源,2023,26(6):625-627.
- [8] 李晨恺,叶笑寒,王升儒,等.数字化技术在脊柱外科手术教学中的应用[J].中华骨与关节外科杂志,2024,17(7):668-672.
- [9] 郑坤,许苑晶,于文强,等.3D打印医工结合门诊在数字医学临床实践教学中的应用[J].中国组织工程研究,2022,26(15):2317-2322.
- [10] 陈光华,黄贵芝,谭小艳,等.3D打印技术联合混合现实技术在基层医院老年髋部骨折规范治疗教学中的应用效果[J].中国老年学杂志,2022,42(23):5867-5870.
- [11] 盛苏,陈含笑.3D打印技术在生物医药方面的应用研究进展[J].机械科学与技术,2022,41(5):764-770.
- [12] 李慧英,杜立龙.3D打印技术在骨科中的应用进展[J].天津医药,2018,46(9):1023-1026.