·住院医师规范化培训·

仿生模型联合情景模拟在耳鼻喉技能培训中的教学实践研究

于博[1]　孔慧[1]　赵荣楠[2]　郭燕[1]

[1]大连医科大学附属第二医院耳鼻咽喉科，大连 116023；[2]营口巨成教学科技开发有限公司，营口 115000

通信作者：郭燕，Email：gouzi77@sina.com

【摘要】 目的 探讨仿生模型联合情景模拟在耳鼻喉技能培训中的应用价值。**方法** 选取2023年3月至10月于大连医科大学第二附属医院耳鼻喉科规培的21名住院医师作为研究对象。对比应用仿生模型联合情景模拟教学方法，培训前后学员操作技能的用时、达标率及成功率等指标。采用SPSS 23.0进行配对样本t检验和配对卡方检验。**结果** 培训前后学生异物发现率[(11/21) vs. (19/21)]、钳取求助次数[(1.62 ± 0.92) vs. (0.90 ± 0.94)]、触碰咽侧壁次数[(4.62 ± 0.92) vs. (1.90 ± 1.34)]、残体发生率[(12/21) vs. (2/21)]、手术时间[(26.52 ± 3.61) min vs. (22.76 ± 4.55) min]和缝合时间[(19.10 ± 2.98) min vs. (15.24 ± 1.18) min]、扁桃体切除求助次数[(2.90 ± 1.04) vs. (0.86 ± 0.48)]等均存在显著改善，差异具有统计学意义(P<0.05)。**结论** 3D仿生模型联合情景模拟不仅能弥补耳鼻咽喉科实践的不足，满足临床教学需求，也为耳鼻喉科实践教学改革提供新思路与新方法，并且此种方法可推广至其他同规模基地。

【关键词】 3D仿生模型；　情景模拟；　耳鼻喉技能培训

【中图分类号】 R76

基金项目：大连医科大学附属第二医院临床教学能力提升“1+X”项目—教学改革研究项目(2022JXGGYJ003)；辽宁省医学教育研究项目(2022—N005-04)；2021年度大连医科大学校级教学改革研究立项(DYLX21018)；辽宁省教育科学“十四五”规划2022年度课题立项(JG22DB205)；2024年度大连医科大学校级教学改革研究立项(DYLXQN24007)

DOI: 10.3760/cma.j.cn116021-20240105-01978

[5] Bada D, Olusegun S. Constructivism learning theory: a paradigm for teaching and learning [J]. Res Method Educ, 2015, 5: 66-70. DOI: 10.9790/7388-05616670.

[6] 沈亚伟，王洁玲，常静静，等. 支架式教学在重症医学人才培养中的应用[J]. 中华医学教育杂志，2022，42(11)：996-999. DOI: 10.3760/cma.j.cn115259-20220519-00643.

[7] Choy CL, Liaw SY, Goh EL, et al. Impact of sepsis education for healthcare professionals and students on learning and patient outcomes: a systematic review [J]. J Hosp Infect, 2022, 122: 84-95. DOI: 10.1016/j.jhin.2022.01.004.

[8] Cramer N, Zuckerbraun NS, Puller J, et al. Putting theory to practice: applying cognitive load theory to resident medical education [J]. Pediatr Emerg Care, 2022, 38(2): e771-e775. DOI: 10.1097/PEC.0000000000002371.

[9] Kumar A, Roberts D, Wood KE, et al. Duration of hypotension before initiation of effective antimicrobial therapy is the critical determinant of survival in human septic shock [J]. Crit Care Med, 2006, 34(6): 1589-1596. DOI: 10.1097/01.CCM.0000217961.75225.E9.

[10] Karakike E, Kyriazopoulou E, Tsangaris I, et al. The early change of SOFA score as a prognostic marker of 28-day sepsis mortality: analysis through a derivation and a validation cohort [J]. Crit Care, 2019, 23(1): 387. DOI: 10.1186/s13054-019-2665-5.

[11] Schertz AR, Lenoir KM, Bertoni AG, et al. Sepsis prediction model for determining sepsis vs sirs, qSOFA, and sofa [J]. JAMA Netw Open, 2023, 6(8): e2329729. DOI: 10.1001/jamanetworkopen.2023.29729.

[12] Evans L, Rhodes A, Alhazzani W, et al. Surviving sepsis campaign: international guidelines for management of sepsis and septic shock 2021 [J]. Crit Care Med, 2021, 49(11): e1063-e1143. DOI: 10.1097/CCM.0000000000005337.

（收稿日期：2024-08-12）

（本文编辑：兰明娟）

Application of biomimetic model combined with scenario simulation in otolaryngology skill training

Yu Bo[1], Kong Hui[1], Zhao Rongnan[2], Guo Yan[1]

[1] Otolaryngology Department, The Second Hospital of Dalian Medical University, Dalian 116023, China;

[2] Yingkou Jucheng Teaching Technology Development Co., Ltd., Yingkou 115000, China

Corresponding author: Guo Yan, Email: gouzi77@sina.com

【Abstract】 Objective To study the application value of biomimetic model combined with scenario simulation in the training of otolaryngology skills. **Methods** This study included 21 residents who underwent standardized residency training in the Department of Otolaryngology of the Second Hospital of Dalian Medical University from March to October 2023. The application of a teaching method combining biomimetic model and scenario simulation was evaluated by comparing pre- and post-training performance in terms of operation time, pass rate, and success rate. SPSS 23.0 was used for the paired sample *t* test and paired chi-square test. **Results** Significant improvements were observed in several key indicators after training, including foreign body detection rate [(11/21) vs. (19/21)], number of assistance requests during using forceps [(1.62 ± 0.92) vs. (0.90 ± 0.94)], the number of touching the lateral pharyngeal wall [(4.62 ± 0.92) vs. (1.90 ± 1.34)], residual body incidence [(12/21) vs. (2/21)], operation time [(26.52 ± 3.61) vs. (22.76 ± 4.55)], and suture time [(19.10 ± 2.98) vs. (15.24 ± 1.18)]. Number of requests for tonsillectomy [(2.90 ± 1.04) vs. (0.86 ± 0.48)] (P<0.05). **Conclusions** The combination of 3D biomimetic model with scenario simulation not only compensates for the limited practical training in otolaryngology and meets the requirements of clinical teaching, but also provides new ideas and methods for the reform of teaching otolaryngology. This approach is feasible for implementation in other training centers of similar scale.

【Key words】 3D Biomimetic model;　Scenario simulation;　Otolaryngology skill training

Fund program: "1+X" Teaching Reform Research Project for Improvement of Clinical Teaching Competency at The Second Hospital of Dalian Medical University (2022JXGGYJ003); Medical Education Research Project of Liaoning Province (2022—N005-04); 2021 Dalian Medical University University-level Teaching Reform Research Project (DYLX21018); Liaoning Province Education Science "14th Five-Year Plan" 2022 Project (JG22DB205); 2024 Dalian Medical University University-level Teaching Reform Research Project (DYLXQN24007)

DOI: 10.3760/cma.j.cn116021-20240105-01978

耳鼻咽喉器官解剖结构非常复杂且精细，毗邻重要神经及周围器官，这些特点决定了耳鼻咽喉医生需要具备扎实的解剖知识、多学科综合素养、高度专业化的技能操作等能力[1]。其中，耳鼻咽喉技能培训效果对医学生的就业前景、执业安全及患者健康都至关重要，也是研究生并轨规培学员教育中的重要一环。当前耳鼻咽喉技能培训，多采用模拟教学模型，其正逐渐向着更真实、智能化和个性化的方向发展。在医学教育领域，使用生动且逼真的教学模型对于学生的学习效果具有重要意义。这些模型和技术有助于提高学生的学习效果、技术能力和诊断能力，促进医学教育的创新和进步[2]。这些不同的培训方式和资源相互补充，为学生提供了多样化的学习选择和机会，更加深刻地理解从不同学科的角度认识疾病，适用于更多的教学模式[3]，有助于提高耳鼻咽喉医生的技能水平和临床实践能力。

随着技术的发展，能模拟多种实际操作且可满足个性化案例的真实模型，更有利于提高学生的学习兴趣及操作技能水平[4-5]。3D 打印技术、生物材料仿真模型为医学教育带来了新的可能性[6-8]，也为耳鼻喉教学模型的制作提供了新的机遇。通过 3D 打印技术，可以精确打印出具有复杂结构和解剖细节的耳鼻喉模型，使学生能够更好地理解和操作[9-10]。本文将介绍使用 3D 打印技术结合仿生材料制作耳鼻咽喉教学模型的优势，并探讨其在医学教

育中的应用。

1　3D 打印技术结合仿生材料的头颈教学模型的构建

通过 Mimics 软件建立直观立体的三维模型，再应用 Geomagic Studio 软件拟合曲面，打造平滑光顺的三维立体模型。对模型进行结构拆分，依据组织性状和密度将软组织、骨质及各主要相邻结构进行 3D 打印，用仿生材料制作可替换结构零件的操作模型。通过对各组织结构采用黏合固定、榫卯结构和螺栓等方式连接，构成整体模型，同时对需要进行模拟操作的组织及器官进行装配（专利号：202322170755.3）。

2　仿生材料头颈教学模型具有的优势

2.1　性状相似性

耳鼻喉教学模型需要与人体组织性状相似，生物材料主成分是聚乙烯醇，复配以羟乙基纤维素，羟丙基纤维素和羧甲基淀粉等崩解剂，再经四硼酸钠交联剂交联，同时物理交联，形成复合交联互穿水凝胶。从而表现为与人体软组织相近的韧、弹性和电导性。以确保学生在模型上进行操作时的真实性，并大大保证了患者的安全性。仿生材料的 3D 打印技术使用与人体组织相似的仿生材料进行打印，以确保模型的性状相似性。

2.2　组织结构还原

3D 打印技术联合仿生材料能够打印出与真实组织结构特性相似的头颈教学模型。其他学科利用 3D 打印技术构建所授疾病的模型[11-13]，使学生可以更好地学习和理解组织器官的毗邻结构及内在联系，从而掌握手术操作要点和术中并发症处理，但多为均一材质，较仿生材料相比缺乏立体真实感。

2.3　功能和手术模拟

3D 打印技术联合仿生材料具电导性，可应用低温等离子刀和高频电刀等对目标组织进行切割及分离，模拟止血、术中多角度缝合，较传统和虚拟模拟操作尤其接近实操的优势，更有手感。

2.4　教学模型应用场景丰富

传统模型中一个模型模拟一种疾病，但仿生材料头颈教学模型不仅可模仿查体，更能贴合手术训练的真实手感及模拟术中出现的真实情况，可以做到分层递进，提高岗位胜任力。

3　3D 打印技术结合仿生材料的头颈教学模型应用策略

耳鼻咽喉专业医师规范化培训结业考核改革背景下，学生先采用线上资源，对规范操作及操作要点、难点进行学习，提高技能操作水平，不断地重复训练是必由之路，尤其是耳鼻咽喉科的操作多是在复杂的腔隙中进行，临近结构又复杂又重要。传统教学方法以教师为中心，教学成本低，适合大规模教学，但着重于教而轻于学，缺乏实践教学，学生主观能动性不强，忽视学生个性差异。运用 3D 打印技术结合仿生材料的头颈教学模型，能有效解决传统耳鼻喉科教学方式在耳鼻喉科实践教学中的实际操作机会不足、镜下腔隙操作困难、毗邻器官解剖了解不足和手眼不协调等问题，可个性化培训学生的技能操作，学生参与度高，全面培养专业学生临床实践能力，大大提高耳鼻喉科学专业教学质量（图 1、图 2）。

3.1　准备工作

教学方法围绕研究生（并轨规培）专业技能和规培技能培训要求展开，教师的准备工作首先要根据研究生（并轨规培）教学大纲和耳鼻咽喉科专业规培大纲中熟悉掌握要求的技能，明确技能教学方向和目标；其次，在规培大纲训练的基础上，进一步地了解耳鼻咽喉专科化培训的技能要求，适当增加、重复技能训练，必须结合实际临床工作需要的技能，进行培训内容的准备。另外，教师认真研究学生学情，每个学生的技能水平和掌握情况不一样，耳鼻咽喉科研究生（并轨规培）数量相对外科学和内科学较少，可进行个性化的技能训练，培训前对每一个研究生（并轨规培）进行技能考核，并与之交流，结合考察结果及学生自评不足之处，掌握其实际技能水平和薄弱环节，设计每个学生的教学计划和技能培训内容，以便进行有针对性的个体化技能培训，提高技能培训效果。

3.2　设置具体情景

情景一：咽喉部和食管异物。模拟患者误咽异物导致咽部异物，尤其是下咽部异物和食管异物，对初学者而言有一定难度，需要反复练习。情景二：支撑喉镜置入和麻醉插管。会厌肿物、声带肿物、下咽肿物在需要手术时，尤其是良性肿物，需要

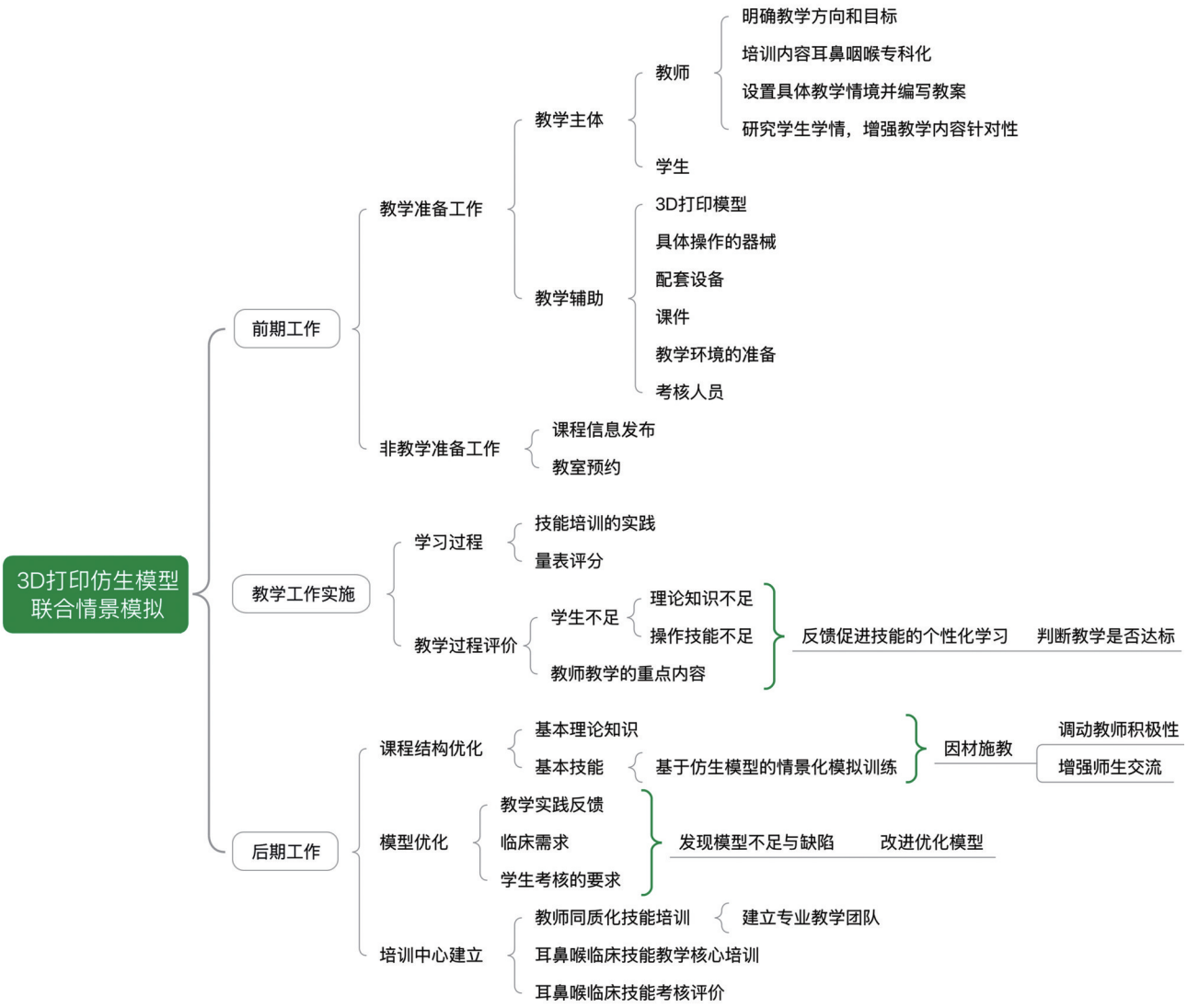
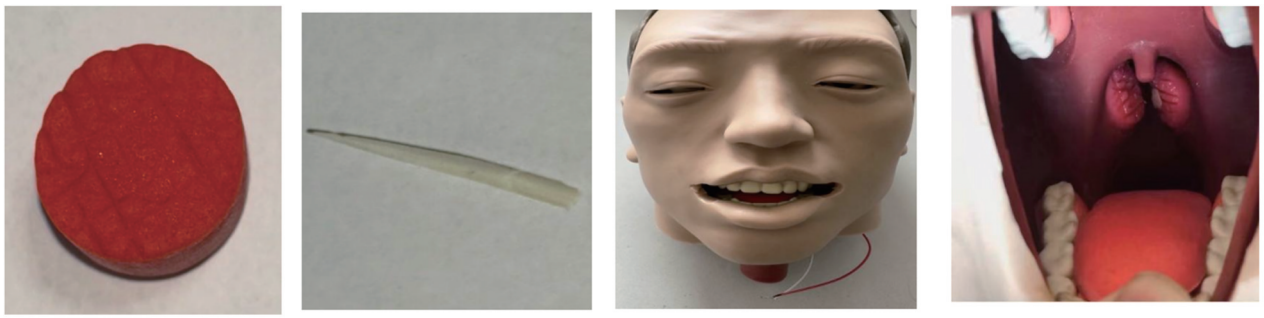


图 1　3D 打印仿生模型联合情景模拟的实施流程



A. 3D打印仿生扁桃体组件　B. 3D打印仿生茎突组件　C. 3D打印仿生头颈模型　D. 3D打印仿生头颈模型内部结构

图 2　3D 打印仿生头颈模型及临床培训应用

行支撑喉镜下肿物切除术，能否顺利暴露肿物，并不产生副损伤决定手术的完成质量，因此支撑喉镜置入过程就需要熟练掌握。另外麻醉插管技术是每一个医生必备的急重症抢救技能，可以进行多次训练，直至掌握。情景三：患者患扁桃体肿物或慢性扁桃体炎、慢性鼻窦炎、慢性中耳炎需要行双侧扁桃体等离子切除术、鼻窦开放手术、鼓膜修补、鼓膜置管等耳鼻咽喉科手术。如在扁桃体术区设计类似扁桃体组织，行扁桃体等离子切除术，该模块可导电，模拟切割和缝合，替换组件可反复练习。

3.3　统计学方法

采用SPSS 23.0软件进行数据分析。计量资料以(均数 ± 标准差)表示,采用配对样本t检验,计数资料采用配对卡方(McNemar)检验。对比培训前后学员的异物发现率、触碰咽侧壁次数、钳取次数、求助次数、成功率、残体发生率、创面缝合时间及手术时间等数据。检验水准α=0.05。

4　教学效果

4.1　下咽部异物(鱼刺)取出技能训练实例

结合情景一,模拟患者误咽鱼刺后,咽部异物感及吞咽时咽部刺痛感就诊。将鱼刺状异物置于3D打印仿生头颈模型的下咽部,训练学生在间接喉镜下找到异物,并应用喉异物钳取出。初始阶段:学生间接喉镜下发现下咽部异物困难,取出异物时手眼协调性差,容易碰触舌根及咽部侧壁(在实际中会诱发咽反射、患者恶心,导致视野不清,取出异物困难),钳取异物准确性不高,取出耗时长。最终阶段:经过多次反复训练,异物发现率提高,触碰舌根及咽侧壁次数明显减少,钳取异物准确性显著提高(表1)。

4.2　扁桃体切除术的技能训练实例

结合情景三,模拟双侧扁桃体反复发炎患者,符合手术适应证,拟行双侧扁桃体等离子切除术。应用3D打印仿生头颈模型,置平躺仰卧位,常规消毒铺单,开口器打开口腔,显露双侧扁桃体模块,连接电路,连接等离子刀头及配套设备,沿扁桃体被膜应用等离子逐步切除双侧扁桃体(要求不能切进扁桃体及外侧肌肉结构内),要求完整切除、不留残体,缝合创面。培训后可更换扁桃体模块,针对不足之处进行针对性反复训练,能有效改善实际操作机会不足、理论多实践少、缺乏个性化训练等弊端(表2)。

5　讨论

5.1　具体应用策略

目前已有应用3D打印技术的耳鼻咽喉一体化教学模型可接近实际病人,但多为一次性耗材[14],而仿生材料更换组件后可以反复训练,在这类模型上进行技能培训的实践价值较高,且成本更低。在技能教学中,不仅学习过程十分重要,而且学习后的评价也十分重要,模型也可以充分应用在评价中,发现学生的不足并优化教师教学内容的重点,反馈促进技能的个性化学习。

5.2　课程结构优化

耳鼻咽喉科专业研究生(并轨规培)不仅需要掌握基本理论知识,基本技能也需要掌握,而且在规培结业考核时技能考核也占据很大比例。目前的医疗环境研究生(并轨规培)在患者身上进行技能训练还是有一定的局限性,这就需要在仿生的模型上训练,更接近实操,同时需要优化研究生(并轨规培)课程结构,每个学生的技能掌握程度不一,需要针对性地设计个人的技能训练内容和技能训练与理论学习时间的比例,同时可以结合案例教学、情景模拟的教学方法。在设计教学方法和教学内容结构优化时不仅要调动教师的积极性,而且要与

表1　咽部异物(鱼刺)取出的技能训练效果

项目	培训前	培训后	t/χ^2值	P值
异物发现率(例)	11/21	19/21	–	0.021
触碰咽侧壁次数	4.62 ± 0.92	1.90 ± 1.34	5.97	<0.001
钳取次数	10.19 ± 2.32	6.81 ± 1.86	5.22	<0.001
求助次数	1.62 ± 0.92	0.90 ± 0.94	2.48	0.025
成功率(例)	15/21	20/21	–	0.125

注:"–"表示无数据。

表2　扁桃体切除术的技能训练效果

项目	培训前	培训后	t/χ^2值	P值
残体发生率(例)	12/21	2/21	–	0.002
创面缝合时间(min)	19.10 ± 2.98	15.24 ± 1.18	5.51	<0.001
求助次数	2.90 ± 1.04	0.86 ± 0.48	8.17	<0.001
手术时间(min)	26.52 ± 3.61	22.76 ± 4.55	2.97	0.007

注:"–"表示无数据。

学生交流，增加学生提出需要进行训练的技能，并在训练地进行学生的满意度调查，增加学生的参与度和学习的积极性，对学生技能学习课程进行个性化结构优化。

5.3 模型优化及培训中心的建立

通过教师和学生的3D打印技术结合仿生材料的头颈教学模型的使用实践并反馈，发现模型的不足之处和缺陷，同时结合临床需求及学生考核要求的变化进行改进和优化，以适应研究生（并轨规培）教学的需要，培养胜任耳鼻咽喉临床岗位的人才。目前对于耳鼻咽喉科学本科见习、实习和研究生（并轨规培）的专科化技能训练需求量大，而目前临床可供技能训练的患者数量不足，这一矛盾是当下耳鼻咽喉教学迫切需要解决的，因此建立3D打印技术结合仿生材料的头颈教学模型培训中心是十分必要的。以学生为核心的教学，教师也是非常重要的一环，教师的技能和教学水平参差不齐，在培训中心，可以完成教师的同质化技能培训，建立合格的耳鼻咽喉科专业教学团队。耳鼻喉临床技能教学的两大核心培训和考核评价均可在培训中心完成，为完成联合教学模式的实践提供有利条件，创造高效合格的技能实践课堂。

3D打印技术结合仿生材料制作可替换组件的耳鼻咽喉教学模型，更接近实战，而且对于模拟手术切除的部位，做成模块可多次更换，反复练习。通过多次培训可以提高学生操作的准确率、降低求助率，使学生面对疾病的治疗更加从容、自信，课堂参与度大大提高。3D打印技术结合仿生材料的头颈教学模型主要针对于学生教学和医师培训而设计，不仅可用于本专业培训，也可应用于相邻学科的交叉学习，可获得真实训练的手感和操作过程体验，完善和提高技能操作的技术。配合内镜进行模拟手术，可提高手术训练的准确性、降低术中手眼协调的难度等。对课程设计的合理，先进技术的多种融合，不仅使教学模型操作逼真、易于维护、降低损耗成本，而且可以根据具体操作项目个性化打印、设计模型，对于同规模基地，其具有较强的技能操作训练推广应用价值。

利益冲突　所有作者声明不存在利益冲突

作者贡献声明　于博、孔慧：提出论文构思、撰写论文；于博、赵荣楠：3D专利模型设计制作及实操训练；孔慧、郭燕：总体把关、审订论文

参考文献

[1] 汪磊. 扎实的基本功是提高临床技术的关键[J]. 中华耳鼻咽喉科杂志，2004，39(7)：444-445. DOI: 10.3760/j.issn:1673-0860.2004.07.023.

[2] 祝玮烨，吕桐巍，方硕. 3D仿真创面模型联合PBL教学在整形外科住院医师规范化培训教学中的应用[J]. 中华医学教育探索杂志，2022，21(2)：211-214. DOI: 10.3760/cma.j.cn116021-20200912-00768.

[3] 罗花南，胡娟，盛颖，等. PBL联合MDT教学法在喉癌临床教学中的应用[J]. 中国继续医学教育，2022，14(12)：40-43. DOI: 10.3969/j.issn.1674-9308.2022.12.011.

[4] 任星羽. CBL结合仿真模型在妇产科学的临床实践教学中的应用分析[J]. 中国继续医学教育，2021，13(28)：42-45. DOI: 10.3969/j.issn.1674-9308.2021.28.012.

[5] 陈敬彩，唐伟，邵洁，等. PBL联合CBL教学在耳鼻喉科见习中的效果[J]. 中国继续医学教育，2020，12(1)：24-26. DOI: 10.3969/j.issn.1674-9308.2020.01.010.

[6] 梁昆，石照辉，岳波，等. 3D打印结合翻转课堂在耳鼻咽喉头颈外科实习教学中的应用[J]. 中华医学教育探索杂志，2019，18(9)：919-923. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-1485.2019.09.013.

[7] 王哲，林静，张聚良，等. 生物材料仿真模型在乳腺微创旋切手术教学中的应用[J]. 中华医学教育探索杂志，2023，22(5)：712-715. DOI: 10.3760/cma.j.cn116021-20220402-01279.

[8] 郦光晓，朱赟珊，黄晓娜，等. 腹腔镜仿真子宫模型在妇科住院医师培训中的应用[J]. 中华医学教育探索杂志，2024，23(1)：140-144. DOI: 10.3760/cma.j.cn116021-20230707-01510.

[9] 陈贤珍，郭剑玲，朱金彩，等. 3D头颈模型在耳鼻喉科临床教学中的应用[J]. 中国继续医学教育，2022，14(17)：180-184. DOI: 10.3969/j.issn.1674-9308.2022.17.046.

[10] 王艺，董有康，张琨. 3D打印实训在耳鼻喉专业研究生教育中的实践研究[J]. 中华医学教育探索杂志，2018，17(4)：409-412. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-1485.2018.04.019.

[11] 崔彦儒，郑艳秋，胡文良，等. 3D打印技术在规范化培训教学中的效果研究[J]. 中国继续医学教育，2019，11(31)：72-74. DOI: 10.3969/j.issn.1674-9308.2019.31.030.

[12] 申洪全，朱洪利，郭金伟，等. 3D数字建模联合3D打印模型在骨科学课堂理论教学中的应用[J]. 中华医学教育探索杂志，2023，22(6)：912-916. DOI: 10.3760/cma.j.cn116021-20221203-01322.

[13] 李锋，周歌，李杨，等. 3D打印模型在髋关节翻修临床教学中的应用[J]. 中华医学教育探索杂志，2022，21(5)：555-558. DOI: 10.3760/cma.j.cn116021-20200404-00849.

[14] 郭颖媛，张德军，管国芳，等. 3D打印技术在耳鼻喉科住院医师规范化培训中的应用探索[J]. 山东大学耳鼻喉眼学报，2017，31(3)：119-122. DOI: 10.6040/j.issn.1673-3770.0.2017.166.

（收稿日期：2024-01-05）

（本文编辑：唐宗顺）