

DOI: 10.3969/j.issn.2096-045X.2025.04.012

· 临床教学 ·

增强现实技术联合案例教学法在心脏外科教学的应用研究

汪川^{1,2} 罗蔚然² 李海洋¹ 张宏家^{1*}

(1. 首都医科大学附属北京安贞医院心脏外科,北京 100029; 2. 首都医科大学附属第六临床医学院,北京 100029)

【摘要】目的 探讨增强现实(augmented reality, AR)技术联合案例教学法(case-based learning, CBL)在心脏外科临床教学中的应用效果与反馈。**方法** 以首都医科大学附属北京安贞医院2022级和2023级心血管外科专业博士研究生各20人为研究对象。其中两个年级分别采用随机数表法分为试验组及对照组各10人。试验组采用AR+CBL联合教学法,对照组采用传统教学法。2022级和2023级学生分别进行为期1学期和2学期的教学研究,并采用基本相同的课程设置方案。对比两组学生的总体成绩、产出文本分析、课堂参与度,并通过匿名问卷调查两组学生对教学效果的评价及教师的满意度和授课倾向。**结果** 试验组的总体成绩各项均优于对照组,其中试验组的总评成绩为(84.57±2.26)分,高于对照组的(81.02±2.37)分,差异有统计学意义($P<0.001$)且差异显著(Cohen's $d=1.53$)。试验组学生的有效互动频次高于对照组,且问卷调查表明试验组在教学方式清晰易懂、提升学习兴趣、缩短学习时间、帮助记忆理论知识和帮助掌握临床技能方面均优于对照组($P<0.05$)。同时,教师对于AR+CBL联合教学法满意度更高,且更倾向该教学法。**结论** 心血管外科教学中应用AR+CBL联合教学法取得良好教学效果,提高学生积极性和临床实践能力,值得在心外科临床教学中推广。

【关键词】 增强现实; 案例教学法; 心脏外科; 临床教学; 临床博士研究生; 混合式教学**【中图分类号】** R615; G642.0**【文献标识码】** A

Application of augmented reality technology combined with case-based learning in cardiovascular surgery clinical teaching

Wang Chuan^{1,2}, Luo Weiran², Li Haiyang¹, Zhang Hongjia^{1*}

(1. Department of Cardiac Surgery, Beijing Anzhen Hospital, Capital Medical University, Beijing 100029, China; 2. The Sixth Clinical Medical School, Capital Medical University, Beijing 100029, China)

【Abstract】Objective To explore the effects and feedback of applying augmented reality (AR) technology to case-based learning (CBL) in the clinical teaching of cardiovascular surgery. **Methods** Twenty doctoral students majoring in cardiovascular surgery in the class of 2022 and 2023 at Beijing Anzhen Hospital, Capital Medical University, were enrolled in this study, respectively. The two grades were divided into the experimental group and the control group with 10 people each by a random number table. The experimental group adopted AR+CBL combined teaching method, while the control group adopted traditional teaching methods. Students in the class of 2022 and 2023 undertook 1 and 2 semesters of teaching-research activities, respectively, and attended basically the same course. The overall scores, output text analysis, and classroom participation of the two groups of students were compared. Additionally, an anonymous questionnaire survey was conducted to collect the two groups' evaluations of the teaching effect, as well as their satisfaction with teachers and their preferences for teaching methods. **Results** The overall performance of the experimental group was better than that of the control group. Among them, the final scores of the experimental group and the control group were [(84.57±2.26 points) vs. (81.02±2.37 points), $P<0.001$, Cohen's $d=1.53$]. The effective interaction frequency of the experimental group was

基金项目 北京市教育教学“十四五”规划课题(CDDDB22181)**第一作者** 汪川, 博士, 副主任医师, 副教授, 研究方向: 心脏外科治疗、冠心病外科精准个体化治疗及非体外循环/停跳冠脉外科治疗。Email: ts_kevin@outlook.com***通信作者** 张宏家, 博士, 主任医师, 教授, 研究方向: 心脏大血管外科的临床与基础研究。

Email: hzhang6589@163.com

higher than that of the control group, and the questionnaire survey showcased that the experimental group was superior to the control group in terms of clear and understandable teaching methods, enhancing learning interest, shortening learning time, helping to memorize theories and master clinical skills ($P < 0.05$). Meanwhile, teachers had higher satisfaction with AR+CBL combined teaching method and were more inclined to this teaching method. **Conclusion** The application of AR+CBL combined teaching method in cardiovascular surgery has achieved favorable teaching effects, improved students' learning enthusiasm and clinical practice ability, and is worthy of promotion in clinical teaching.

[Keywords] augmented reality; case-based learning; cardiovascular surgery; clinical teaching; clinical doctor graduate student; blended teaching

心血管外科是一门专科性较强的临床医学专业课程,教师在教学中不仅需要引导学生掌握心血管外科基础知识,还需增强其运用、拓展和改进知识的能力^[1]。心外科教学目前仍然是基于传统的教材和各种图片、音频视频教学。由于心脏大血管解剖及血流动力学机制抽象复杂,教学内容通常晦涩难懂,临床带教中研究生真正接触临床以及动手机会稀少,甚至低年资的心脏大血管外科医师也很难深入全面掌握心血管各种畸形的病理生理特点和关键解剖特征^[2-3]。

基于案例的教学法(case-based learning, CBL)被广泛应用于医学教学环境当中。该模式相对于传统教学模式,可有效增加师生互动,促进学生更加深入生动地理解病例知识^[4],但其对于临床实践中解剖细节和手术经过的表现力欠理想。增强现实(augmented reality, AR)技术广泛运用了多媒体、三维建模、实时跟踪及注册、智能交互、传感等多种技术手段,将虚拟信息应用到真实世界中,实现对真实世界的“增强”^[5-6]。因此,AR技术让病例特点直观化并使后续手术方式的选择和操作成为可能。此前已有研究探讨了AR技术在口腔^[7]、护理^[8]、骨科^[9]等领域教育学的的应用,均被证明有初步的教学协同效应。然而,在心脏大血管外科领域,AR技术尚没有被应用或广泛探讨。因此,本研究探讨将AR+CBL联合教学法在心脏大血管外科临床教学中的可行性和应用价值。

1 对象与方法

1.1 研究对象

选取在首都医科大学附属北京安贞医院学

习的心血管外科专业博士研究生40名,其中2022级研究生20名、2023级研究生20名。两个年级分别采用随机数表法分为试验组($n=10$)及对照组($n=10$)。两组学生一般资料(年龄、性别、专业基础水平)比较,差异无统计学意义($P > 0.05$),具有可比性。

1.2 教学方法

授课教师在教学前搜集相关经典病例(分别针对2022级及2023级博士研究生,包括患者入院记录、首程病程、检查检验结果、手术记录、术后病程等)撰写对应教案。共设计8个经典临床案例(主动脉夹层2例、冠心病搭桥3例、瓣膜置换2例、先心病1例),每案例设置4学时(理论2学时+AR操作2学时),总32学时/学期。试验组AR训练重点包括:三维解剖定位(如冠状动脉分支辨识)、手术入路规划(如主动脉弓置换切口设计)、体外循环管路建立模拟等;对照组采用相同8个案例进行理论授课(2学时/案例),配合技能中心模拟训练(2学时/案例),使用传统心脏模型进行冠状动脉吻合、瓣膜缝合等基础操作训练。试验组与对照组的师资配备、教学内容和时长均保持一致。2022级学生进行为期1学期的教学研究,2023级学生进行为期2学期的教学研究。

试验组采取AR+CBL联合教学法。教师选取每章节的经典案例进行课前布置,学生自行组成4~5人为一个讨论小组,提前熟悉病例、查阅相关专科教材及文献材料,准备案例讨论分析。课堂上每个讨论小组汇报病例,并在教师指导下借助AR眼镜深入分析患者病情、病损位点及原因和手术方式的选择,展示手术经过后指导学生佩戴AR眼镜动手操作模拟手术场景(AR系统采用自研泉龙AR眼镜,可实现0.1 mm级空间配

准精度),各小组针对教案中设计好的问题和学习中产生的疑问互相讨论交流,在教师的引导下寻求解决方案,最后由教师对本次教学内容总结归纳、提炼重难点,并针对教学中不足之处提出改进措施。

对照组采取传统教学法讲授同内容的知识,不组织案例小组讨论及AR眼镜的体验学习。主要以幻灯片授课形式教师讲解病例、观看手术视频为主,提问学生引导思考为辅,临床技能外科操作部分在技能培训中心使用模拟人练习。手术视频均为首都医科大学附属北京安贞医院副高及以上职称心外科医生的手术视频,并由3名未参与教学的医师筛选解剖暴露清晰和操作流畅度高的录像,通过剪辑突出手术关键步骤并注释术中应急处理的方法。

1.3 观察指标

上述教学活动完成后,由非授课教师汇总统计教学效果和可行性评价。教学效果评价包括总体成绩、产出文本分析和课堂参与度:(1)统计2022级及2023级学生课后答题、每学期(2022级为1学期,2023级为2学期)期中考试和期末考试、毕业理论考试和毕业临床技能考试成绩。总评成绩评分标准为:①过程性考核占60%(课后答题10%、期中20%、期末30%),期中、期末考核采用标准化病例分析(30%)+客观结构化临床考试(objective structured clinical examination, OSCE, 70%)形式;②终结性考核占40%(毕业理论20%+技能20%)。2023级数据采集截止于第二学期末阶段性考核,毕业考核数据为预测值(基于前两年考核成绩的线性回归模型推算)。

(2)根据章节布置课后作业,统计学生作业完成次数及成绩。(3)课堂出勤率和有效互动频次:有效互动频次采用Nvivo12进行话语分析,分析内容包括提出专业问题、纠正错误、补充文献依据。

可行性评价为面向学生和教师的匿名问卷,通过问卷调查了解两组学生对教学效果的评价(教学方式清晰易懂、提升学习兴趣、缩短学习时间、帮助记忆理论知识、帮助掌握临床技能)及教师的满意度和授课倾向。问卷采用结构化设计和Likert 5级评分^[10],依次为1分:十分不同意,2分:不同意,3分:不一定,4分:同意,5分:十分同意。

1.4 统计学方法

采用R语言4.4.1数据分析。计量资料数据用均数±标准差($\bar{x}\pm s$)表示,两组间比较采用双样本 t 检验。以 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 两组学生的成绩比较

试验组的各项成绩均高于对照组,其中合并两个年级后试验组的总评成绩为(84.57±2.26)分,高于对照组的(81.02±2.37)分,差异有统计学意义($P<0.001$)(*Cohen's d*>0.8)。并且,两组学生期中、期末考试和毕业临床技能考试成绩差异均有统计学意义($P<0.05$)(表1)。AR系统记录的术式决策和实时反馈的缝合时长信息显示,动态三维可视化使术式决策错误率降低35%($P=0.023$),且缝合时间缩短(125.25±9.95 s vs. 152.60±19.17 s, $P<0.001$)。

表1 两组学生的成绩比较

($\bar{x}\pm s$,分)

项目	对照组($n=20$)	试验组($n=20$)	<i>Cohen's d</i> 值	<i>P</i> 值
课后答题	82.72±5.86	84.28±5.63	0.27	0.393
期中考试	80.83±5.56	85.10±3.95	0.89	0.007*
期末考试	80.80±5.06	84.28±4.61	0.72	0.027*
毕业理论考试	82.20±4.89	84.95±6.67	0.47	0.140
毕业临床技能考试	79.50±5.14	84.25±4.89	0.95	0.004*
总评成绩	81.02±2.37	84.57±2.26	1.53	<0.001*

注:*Cohen's d*值为0.2表示效应量较小,值为0.5表示中等效应大小,值为0.8表示效应量较大;*: $P<0.05$ 。

2022级和2023级OSCE考核中手术方案设计部分的成绩,试验组均高于对照组,且差异有

统计学意义;问诊查体和影像判读成绩差异无统计学意义(表2)。

表2 两组学生的OSCE考核成绩比较

($\bar{x}\pm s$,分)

项目	2022级			2023级		
	对照组(n=10)	试验组(n=10)	P值	对照组(n=10)	试验组(n=10)	P值
问诊查体	86.80±6.12	87.40±9.07	0.861	85.80±9.62	86.20±7.35	0.916
影像判读	86.70±9.75	87.90±6.64	0.745	87.10±8.28	87.40±12.11	0.948
手术方案设计	83.10±2.81	87.60±4.60	0.014*	83.50±4.20	88.80±3.46	0.005*

*: $P < 0.05$ 。

2.2 课后作业及课堂参与度

完成作业次数、作业平均分数和课堂出勤率方面,两组间差异无统计学意义($P > 0.05$);在课

堂参与度方面,各案例的教学话语分析累加后计算平均数的结果提示,试验组相比对照组有效互动频次更高(表3)。

表3 两组学生课后作业完成情况及课堂参与度

($\bar{x}\pm s$)

内容	对照组(n=20)	试验组(n=20)	P值
2022级			
作业完成次数/次	8.60±0.97	8.90±0.99	0.491
作业分数/分	89.40±7.60	88.30±6.06	0.717
课堂出勤率/分	83.40±3.24	84.70±5.14	0.496
有效互动频次(次数/案例)	29.50	48.38	—
2023级			
作业完成次数/次	19.90±1.29	19.80±1.40	0.866
作业分数/分	89.00±5.73	90.80±6.07	0.493
课堂出勤率/分	83.40±8.51	81.10±6.44	0.493
有效互动频次(次数/案例)	29.94	56.00	—

2.3 学生教学效果评价

与对照组相比,试验组学生对教学效果的满意度均更高($P < 0.05$)。AR+CBL教学法的教学方式更清晰易懂,能更好地提升学习兴趣、缩短学习时间、帮助记忆理论知识、帮助掌握临床技能(表4)。

2.4 教师满意度与授课倾向

与对照组相比,两个年级试验组的教师满意度和授课倾向均较高,授课倾向的差异有统计学意义($P < 0.05$)(表5)。

床教学发挥着帮助学生将基础理论知识运用到临床实践中去的重要作用。在传统教学中,教师发挥主导作用,作为输出端将知识单向传授给学生,学生作为接收端被动获取知识。该教学法的优势在于,教师根据自身积累的临床经验,有选择地整理归纳拓展知识,将加工好的与临床实践紧密相关的内容呈现在课堂中。学生在清晰的理论体系中相比直接阅读专著等专科出版物,能够更快地掌握庞大而相对晦涩的专业知识。而其缺点在于知识的单向流动和提前加工,使得学生发现问题和解决问题的能力没有在日常学习中得到锻炼。心外科的临床工作具有病种多、病情复杂、风险高的特点^[1],除需要医生具备扎实的临床知识外,还需要面对临床问题时主动用灵活的批判性思维寻找解决办法。

3 讨论

从医学生到临床医生角色转换的过程中,临

表4 两组学生满意度比较 (x̄±s,分)

内容	对照组 (n=20)	试验组 (n=20)	P值
2022级			
教学方式清晰易懂	3.50±0.53	4.20±0.42	0.003*
提升学习兴趣	3.40±0.52	4.10±0.32	0.001*
缩短学习时间	3.60±0.52	4.40±0.52	0.002*
帮助记忆理论知识	3.40±0.52	4.30±0.48	0.001*
帮助掌握临床技能	3.70±0.48	4.20±0.42	0.021*
2023级			
教学方式清晰易懂	3.50±0.53	4.40±0.52	0.001*
提升学习兴趣	3.50±0.53	4.30±0.48	0.002*
缩短学习时间	3.30±0.48	4.30±0.67	0.001*
帮助记忆理论知识	3.60±0.52	4.30±0.48	0.005*
帮助掌握临床技能	3.40±0.52	4.60±0.52	<0.001*

*: P < 0.05。

表5 两组学生对教师满意度与授课倾向比较

(x̄±s,分)

内容	对照组 (n=20)	试验组 (n=20)	P值
2022级			
满意度	3.67±0.58	4.33±0.58	0.184
授课倾向	3.33±0.58	4.67±0.58	0.033*
2023级			
满意度	3.33±0.58	4.67±0.58	0.033*
授课倾向	3.00±0.00	4.67±0.58	0.005*

*: P < 0.05。

CBL教学法作为探索式学习的一种,用实际案例涵盖大部分临床知识,其过程的确性和结构化使其相较于以问题为基础的教学法(problem-based learning, PBL)能更有效地提高学生学习的积极性,夯实有效运用知识解决新问题的能力^[12]。教学过程与完整的临床工作流程相同,学生从病例中总结病例特点、分析手术方案选择原因,模拟作为主诊医师主导临床决策锻炼临床思维。教师在CBL过程中针对学生理解不到位的部分着重讲解纠正,以补充学生对诊疗方法认知的不完备之处。同时,学生的团队协作能力也在组内分配任务和讨论分享病例思路中得到锻炼^[13],为临床工作中所必需的团队意识和

沟通能力构筑基础。

近年来,AR技术得到快速发展,2022年全球各国开始推广的5G技术也进一步推动了AR在各行各业的快速应用,解决了既往困扰的数据传输速度影响AR工作效率问题。相比于虚拟现实技术(virtual reality, VR),AR技术更加成熟,成本更低,应用场景更广阔^[14]。因此,AR技术也成为了医学教育行业采用的新兴技术^[15]。本课题组此前研发的“增强现实(AR)光栅波导显示光学器件”,通过突破纳米光栅波导设计、高精度压印模板制备、纳米压印批量制备等关键技术难点,实现低成本、高质量纳米光栅波导显示光学器件的稳定批量制备。AR智能眼镜可以将虚拟图像信息叠加到外部真实环境,实现虚拟图像的3D高清晰近眼显示,帮助学生记忆心脏大血管解剖、冠脉分布及冠脉疾病病理特征、瓣膜病及血流动力学改变、与结构性心脏病等疾病的原理和相应结构功能的变化。

本研究结果表明AR+CBL教学法可以有效地帮助学生掌握心外科的专业理论知识,尤其是临床实践技能。试验组在技能中表现更佳的原因在于“手术方案设计”部分掌握更扎实。传统教学中学生课堂参与度的不足,在联合教学法中得到很好解决,这与AR视觉形象记忆的优势密不可分^[16]。该教学法从“教学方式清晰易懂”“提升学习兴趣”“缩短学习时间”“帮助记忆理论知识”“帮助掌握临床技能”5个方面激发了学习的积极性,让学生找到学习的乐趣和自信,进而充分利用医学资源,主动挖掘、分析和解决临床问题;同时,授课教师获得学生教学成果的正反馈,授课满意度和授课倾向明显提高,这与其他研究结果一致^[13]。

AR+CBL教学法在临床实施中仍存在一定局限性。首先,本研究使用的AR技术及CBL的教学形式需要授课教师花费比传统教学更多的时间备课,导入患者数据模型及调试AR设备也需要教师具备相应的信息技术技能,因此,AR+CBL教学法对教师的时间和能力要求较高,培养相应教师队伍的难度较大;其次,AR在消除学生空间推导能力差异的同时,可能造成学生对AR

技术的依赖性,进而减少通过传统影像方法来锻炼理解复杂疾病的临床能力。AR组技能提升可能部分源于新技术的新奇效应,需开展≥3学期的纵向研究验证持续效果。此外,本研究虽采用随机分组,但未能实施双盲设计,未来研究可采用第三方评估与AI自动评分相结合。

4 结 语

本研究从目前心血管外科临床教学的实际问题出发,针对心血管外科博士研究生采用AR+CBL联合教学法,优化教学方案的理论输入效果,注重与实践结合的能力,探索符合学生的特色心血管教学模式和方案。这种方法可以更好地培养学生的学习能力,以及“软技能”优势,包括信息技术的理解操控、心外科理论知识的实际应用及病例的分析研究能力等,这些对未来的临床诊疗尤为重要,不仅能促进学科发展,也能更好地为患者服务。

利益冲突 所有作者声明不存在利益冲突。

作者贡献声明 汪川:提出研究思路,设计研究方案,提出修改意见;罗蔚然:采集、分析数据,撰写论文;李海洋:采集、分析数据;张宏家:总体把关,审定论文。

参考文献

- [1] Ahmad D, Tchanchaleishvili V. Commentary: nurturing medical students interested in cardiothoracic surgery: lessons from the inaugural thoracic surgery medical students association survey [J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2023, 166(1): 179-180.
- [2] 崔永春, 李波, 罗富良, 等. 冠脉搭桥专项手术技能培训新模式在研究生教育中的应用探讨[J]. *中华医学教育探索杂志*, 2019, 18(2): 172-176.
- [3] Lehenbauer D G, Hui D S. Commentary: inspiration and cultivation—students to cardiothoracic surgeons[J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2020, 159(5): 1915-1916.
- [4] Zhao J, Gong X, Ding J, et al. Integration of case-based learning and three-dimensional printing for tetralogy of fallot instruction in clinical medical undergraduates: a randomized controlled trial [J]. *BMC Med Educ*, 2024, 24(1): 571.
- [5] Ingrassia P L, Mormando G, Giudici E, et al. Augmented reality learning environment for basic life support and defibrillation training: usability study [J]. *J Med Internet Res*, 2020, 22(5): e14910.
- [6] Venkatesan M, Mohan H, Ryan J R, et al. Virtual and augmented reality for biomedical applications [J]. *Cell Rep Med*, 2021, 2(7): 100348.
- [7] Ayoub A, Pulijala Y. The application of virtual reality and augmented reality in oral & maxillofacial surgery[J]. *BMC Oral Health*, 2019, 19(1): 238.
- [8] Mendez K J W, Piasecki R J, Hudson K, et al. Virtual and augmented reality: implications for the future of nursing education[J]. *Nurse Educ Today*, 2020, 93: 104531.
- [9] Sun P, Zhao Y, Men J, et al. Application of virtual and augmented reality technology in hip surgery: systematic review [J]. *J Med Internet Res*, 2023, 25: e37599.
- [10] Freifeld Y, Diaz de Leon A, Xi Y, et al. Diagnostic performance of prospectively assigned likert scale scores to determine extraprostatic extension and seminal vesicle invasion with multiparametric mri of the prostate [J]. *AJR Am J Roentgenol*, 2019, 212(3): 576-581.
- [11] 孙念梓, 庞广辉, 杨琳. 对分课堂结合微课在心外科规培带教中的实践研究[J]. *中华医学教育探索杂志*, 2022, 21(3): 329-332.
- [12] Holland J C, Pawlikowska T. Undergraduate medical students' usage and perceptions of anatomical case-based learning: comparison of facilitated small group discussions and elearning resources [J]. *Anat Sci Educ*, 2019, 12(3): 245-256.
- [13] 张云红, 赵艳萍, 杨渝, 等. 住院医师为主导联合案例教学法在全科专业住院医师规范化培训中的应用[J]. *中国基层医药*, 2024, 31(1): 130-134.
- [14] Jung C, Wolff G, Wernly B, et al. Virtual and augmented reality in cardiovascular care: state-of-the-art and future perspectives[J]. *JACC Cardiovasc Imaging*, 2022, 15(3): 519-532.
- [15] 王静雯, 王伟, 唐俊军. 增强现实技术在心脏磁共振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*, 2024, 23(8): 1144-1148.
- [16] Schneider F, Horowitz A, Lesch K P, et al. Delaying memory decline: different options and emerging solutions [J]. *Transl Psychiatry*, 2020, 10(1): 13.

(收稿日期:2025-02-07)

(本文编辑:高健)