·住院医师规范化培训·

虚拟仿真关节镜模拟系统结合CBL在骨科临床教学中的应用

方盛[1]　孙晓亮[1]　徐鹏[1]　周鹏[2]　王益民[1]　蒋喆成[1]　李树祥[1]　李欢[1]
[1]苏州大学附属第三医院骨关节科，常州　213000；[2]苏州大学附属第三医院教育培训处，常州　213000
通信作者：李欢，Email：doctor_lihuan@163.com

【摘要】 **目的**　探讨虚拟仿真关节镜模拟系统结合基于案例的学习（case-based learning，CBL）在骨科临床教学中的应用效果。**方法**　选取2021年1月至2022年6月在苏州大学附属第三医院骨关节科进行住院医师规范化培训的36名学员作为教学对象，将其随机分为试验组和对照组，每组18名学员。试验组采用虚拟仿真关节镜模拟系统+CBL教学；对照组采用简易内镜模拟训练箱+传统授课方式。教学结束后，分别对两组学员进行理论考核、操作考核和问卷调查以评价教学效果。采用SPSS 22.0软件对两组计量资料进行*t*检验。**结果**　试验组学员理论考核成绩[(89.39 ± 3.09)分]和操作考核成绩[(82.72 ± 4.28)分]均高于对照组[(86.22 ± 4.43)分和(76.61 ± 5.65)分]，差异均具有统计学意义（*t*=2.49，*P*=0.018；*t*=3.66，*P*=0.001）。问卷调查结果显示，两组学员对于教学效果的评价在课程形式的新颖性[(4.94 ± 0.24)分 vs.(4.11 ± 0.58)分，*t*=5.62，*P*<0.001]、场景模拟的真实度[(4.83 ± 0.38)分 vs.(3.78 ± 0.43)分，*t*=7.80，*P*<0.001]、学习兴趣及效率的提升[(4.78 ± 0.43)分vs.(4.00 ± 0.59)分，*t*=4.51，*P*<0.001]、操作技能的提升[(4.83 ± 0.38)分 vs.(3.83 ± 0.51)分，*t*=6.61，*P*<0.001]和职业自信的建立[(4.50 ± 0.62)分vs.(3.06 ± 0.54)分，*t*=7.47，均*P*<0.001]等5个方面试验组均优于对照组，且差异均具有统计学意义（均*P*<0.001）。**结论**　虚拟仿真关节镜模拟系统结合CBL教学能高度模拟临床真实诊疗场景，有助于激发学员的学习兴趣，并快速提升其关节镜操作技能，从而增强临床教学效果。

【关键词】 虚拟仿真；　基于案例学习；　临床教学；　关节镜；　住院医师规范化培训
【中图分类号】 R68
基金项目：苏州大学医学院“本科教学工程”之虚拟仿真实验教学建设项目（KY20221259）；苏州大学研究生教育改革成果奖培育项目（5832001222）
DOI: 10.3760/cma.j.cn116021-20230112-01807

Application of virtual reality arthroscopic simulation system combined with case-based learning in orthopedic clinical teaching

Fang Sheng[1], Sun Xiaoliang[1], Xu Peng[1], Zhou Peng[2], Wang Yiming[1], Jiang Zhecheng[1], Li Shuxiang[1], Li Huan[1]
[1]Department of Articular Orthopedics, The Third Affiliated Hospital of Soochow University, Changzhou 213000, China; [2]Education and Training Section, The Third Affiliated Hospital of Soochow University, Changzhou 213000, China
Corresponding author: Li Huan, Email: doctor_lihuan@163.com

【**Abstract**】 **Objective**　To evaluate the effect of virtual reality arthroscopic simulation system combined with case-based learning (CBL) in orthopedic clinical teaching. **Methods**　From January 2021 to June 2022, a total of 36 residents who took the standardized residency training at Department of Articular Orthopedics in The Third Affiliated Hospital of Soochow University were enrolled in this study. They were randomized into an experimental group and a control group, with 18 trainees in each group. The experimental group adopted the virtual reality arthroscopic simulation system combined with CBL teaching mode, while the control group adopted simple endoscopic simulation training box with traditional teaching mode. Theoretical and practical tests and questionnaire survey were carried out to evaluate the teaching effects in two groups. SPSS 22.0 was performed to conduct *t*-test on the measurement data between the two groups. **Results**　The theoretical and practical test scores of the experimental group [(89.39 ± 3.09) and (82.72 ± 4.28)] were better than those of the control group [(86.22 ± 4.43) and (76.61 ± 5.65)], with statistically significant differences (*t*=2.49, *P*=0.018; *t*=3.66, *P*=0.001). The questionnaire survey showed that the experimental group was better

than the control group in creating novel forms of courses [(4.94 ± 0.24) vs. (4.11 ± 0.58), t=5.62, P<0.001], simulating more real scenes [(4.83 ± 0.38) vs. (3.78 ± 0.43), t=7.80, P<0.001], inspiring learning interests [(4.78 ± 0.43) vs. (4.00 ± 0.59), t=4.51, P<0.001], improving practical skills [(4.83 ± 0.38) vs. (3.83 ± 0.51), t=6.61, P<0.001], and building career confidence [(4.50 ± 0.62) vs. (3.06 ± 0.54), t=7.47, P<0.001], with statistically significant differences (all P<0.001). **Conclusions** The virtual reality arthroscopic simulation system combined with CBL teaching mode can better simulate the real clinical scenes, help inspire the interest of learning and quickly improve practical skills, thereby improving the effect of orthopedic clinical teaching.

【**Key words**】 Virtual reality; Case-based learning; Clinic teaching; Arthroscopy; Standardized residency training

Fund program: Virtual Simulation Teaching Program of Undergraduate Teaching Project of Soochow University Medical School (KY20221259); Graduate Education Reform Achievement Award Cultivation Project of Soochow University (5832001222)

DOI: 10.3760/cma.j.cn116021-20230112-01807

关节镜诊疗技术具有创伤小、可视化、恢复快等优点，被广泛应用于骨科运动损伤、关节骨折、关节退变等多种疾病的诊治[1]。在住院医师规范化培训（简称“住培”）中，关节镜诊疗技术是重要的教授内容，且在培训期间学员需要完成一定数量和种类的关节镜手术。但是，受到教学资源、医学伦理及临床经验等因素的影响，住培学员很少能亲手实施并完成关节镜手术。而传统的关节镜教学多以理论授课或手术视频录播等形式开展[2]，缺乏实操机会，学员的积极性和参与度都不高。随着虚拟现实技术（virtual reality，VR）的不断发展，其越来越多地被运用于医疗领域[3-4]，也为医学临床教学提供了新的模式[5-7]。本研究采用 VirtaMed 医疗公司研发的最新一代虚拟仿真关节镜模拟系统 ArthroS，并联合基于案例学习（case-based learning，CBL）的教学模式，旨在为学员创建一个沉浸式的全真模拟临床诊疗环境，激发学员的学习兴趣，提升其关节镜操作技能，培养其独立分析和解决临床实际问题的能力。实践表明教学效果良好，现报道如下。

1　对象与方法

1.1　教学对象

选取 2021 年 1 月至 2022 年 6 月在苏州大学附属第三医院骨关节科进行住院医师规范化培训的 36 名学员作为教学对象。所有学员既往均未接受过任何形式的关节镜技能培训，也未参与过关节镜手术。所有学员对本研究均已知情同意。

1.2　教学方法

采用随机数字表法将 36 名学员分成试验组和对照组，每组各 18 名学员。试验组采用虚拟仿真关节镜模拟系统+CBL 教学模式；对照组采用简易内镜模拟训练箱+传统授课方式。两组学员在年龄、性别和既往外科学理论与技能考核成绩方面差异均无统计学意义，具有可比性（表 1）。

1.3　教学实施

1.3.1　理论授课

两组学员在实施关节镜技能操作前均需先进行关节镜理论知识的培训。由同一教师通过集中授课的形式介绍关节镜的起源发展、设备构成及工作原理、适应证与禁忌证及操作注意事项等。

1.3.2　案例引入

从科室建立的临床资料库中抽取与教学内容相匹配的真实病例资料（以运动系统损伤为例，如半月板损伤、交叉韧带损伤、肩袖损伤等），包括病史、体格检查信息及影像学资料。试验组采用学员主导的 CBL 教学，随后自主制定治疗方案。如需运用到关节镜作为治疗方案时需阐明手术的适应证、禁忌证和具体的手术方式。对照组采用传统的授课模式，由教师讲解分析相关病例并提供诊疗方案。

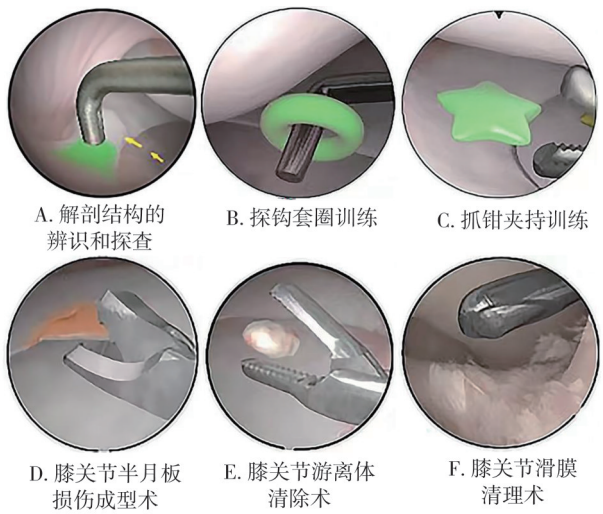
表 1　两组学员基本情况比较

指标		试验组	对照组	t/χ^2 值[a]	P 值
年龄[$(\bar{x}\pm s)$，分]		23.89 ± 0.32	24.06 ± 0.64	–0.99	0.331
性别（例）	女	5	4	0.14	0.704
	男	13	14		
外科学理论考核成绩[$(\bar{x}\pm s)$，分]		82.83 ± 4.72	81.61 ± 4.29	0.81	0.422
外科学技能考核成绩[$(\bar{x}\pm s)$，分]		92.28 ± 3.44	91.78 ± 3.67	0.42	0.676

注：a，两组学员间的性别差异比较采用卡方检验；年龄、外科学理论及技能考核成绩比较采用 t 检验。

1.3.3　试验组操作培训

试验组学员采用ArthroS关节镜模拟系统进行基础操作和专项操作两阶段的进阶培训。基础操作主要是让学员熟悉关节镜的设备和器械，培养镜下的空间感和手眼协调能力（图1A~C）。学员在完成基础操作训练后，将进入到专项操作阶段（图1D~F）。该阶段教师会在ArthroS系统中设定与CBL教学案例相匹配的疾病模型，由系统创建出高度仿真的病损虚拟画面（图2）。学员在CBL教学中所作出的初步诊断将在该阶段虚拟场景中得以验证，而其在基础操作阶段所掌握的一系列基本操作技能也将会在该阶段被综合运用于特定病损的关节镜虚拟手术。



注：A~C为基础操作；D~E为专项操作。

图1　ArthroS系统膝关节训练模块

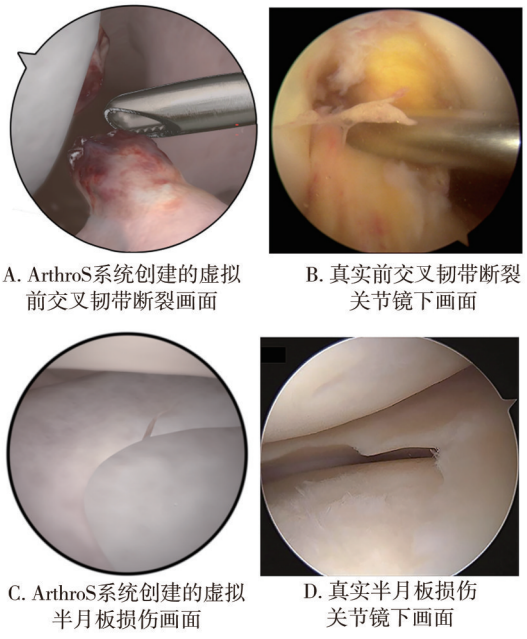


图2　ArthroS系统虚拟仿真画面

1.3.4　对照组操作培训

对照组学员采用简易内镜模拟训练箱进行操作培训。简易模拟训练箱也具备高仿真度的镜头与光源系统及探钩、抓钳、缝合钩等微创手术器械，同时其还配备了关节模型组件。镜头与显示屏相连可呈现高清的实景画面。通过更换箱内不同的训练模块或关节模型组件，对照组同样需要完成从基础操作到专项操作的进阶训练。与试验组操作培训内容相对应，对照组基础操作项目包括了镜头连接及视野的调整、微创器械的使用、组织结构辨识及空间感和手眼协调训练等；而专项操作主要是以模拟临床常见损伤修复性手术为主，包括半月板损伤修复、肩袖损伤修复等。

1.4　教学评价

1.4.1　理论考核

教学实施完成后进行理论考核。理论考核总分100，其中关节镜相关理论知识60分，内容涉及关节镜主要设备的构成、常用器械名称、适应证、禁忌证、常见手术并发症及处理等；案例分析题40分，以运动系统损伤案例为主，所有案例资料均取自临床资料库并与培训内容相符，学员需通过提炼病史、罗列诊断依据并作出诊断，同时需制定具体的手术方案。

1.4.2　操作考核

所有学员均采用ArthroS关节镜模拟系统进行上机操作考核，系统将被设定为考核模式，学员根据系统提示逐步完成考核操作任务。操作考核成绩由系统智能评分和教师现场评分两部分组成，总分100。系统评分由ArthroS系统根据学员操作过程中任务完成的时间效能、镜头的偏移距离、病损修复程度、正常组织是否因不当操作而被误伤等方面进行智能评估，共50分。现场评分由教师根据学员在考核过程中对于关节镜设备的组装连接、镜头及视野控制、镜下解剖结构的辨识、空间感及手眼协调能力、器械使用的熟练度等方面进行现场评估，共50分。需要说明的是，对照组学员在操作考核前会统一接受关于ArthroS系统的设备介绍和使用指导，且每位学员有15 min的自由上机时间。其目的是让对照组学员熟悉ArthroS系统设备和软件界面，但不涉及任何模块化的系统训练，从而避免两组学员因上机考核而产生系统偏差。

1.4.3　问卷调查

操作考核结束后对两组学员发放调查问卷，对各自组的教学效果进行综合评价。问卷包含5项内容：课程形式的新颖性、场景模拟的真实度、学习兴

趣及效率的提升、操作技能的提升和职业自信的建立。学员对每项内容进行打分，采用李克特5级评分法，从最差到最佳分别赋值1~5分。

1.5 统计学方法

采用SPSS 22.0软件对数据进行统计处理。计量资料采用（均数 ± 标准差）表示，组间比较采用 t 检验，检验水准 α=0.05。

2 结果

2.1 两组学员考核成绩比较

试验组与对照组学员在教学实施后的理论与操作考核成绩见表2。其中，试验组学员的理论考核成绩与操作考核成绩均高于对照组，两组比较差异均具有统计学意义（P<0.05）。

表2 两组学员理论考核与操作考核成绩比较 [n=18，($\bar{x} \pm s$)，分]

组别	理论考核	操作考核
试验组	89.39 ± 3.09	82.72 ± 4.28
对照组	86.22 ± 4.43	76.61 ± 5.65
t值	2.49	3.66
P值	0.018	0.001

2.2 两组学员问卷调查结果

问卷调查结果显示，两组学员对于各自组教学效果的评价在“课程形式的新颖性”“场景模拟的真实度”“学习兴趣及效率的提升”“操作技能的提升”“职业自信的建立”5个方面，试验组学员的评价均高于对照组，差异均具有统计学意义（表3）。

表3 两组学员对各自组教学效果的评价比较 [n=18，($\bar{x} \pm s$)，分]

项目	试验组	对照组	t值	P值
课程形式的新颖性	4.94 ± 0.24	4.11 ± 0.58	5.62	<0.001
场景模拟的真实度	4.83 ± 0.38	3.78 ± 0.43	7.80	<0.001
学习兴趣及效率的提升	4.78 ± 0.43	4.00 ± 0.59	4.51	<0.001
操作技能的提升	4.83 ± 0.38	3.83 ± 0.51	6.61	<0.001
职业自信的建立	4.50 ± 0.62	3.06 ± 0.54	7.47	<0.001

3 讨论

3.1 营造沉浸式仿真场景增强临床教学效果

为了使临床教学更真实、更具实战性，营造从疾病诊断到治疗全过程、沉浸式的临床教学场景，本研究采用了虚拟仿真与CBL联合的教学模式。本文的最大亮点是将最新一代虚拟仿真关节镜模拟系统ArthroS运用于关节镜技能操作培训中。该系统的特点是其配备有膝、肩、髋等多个高仿真度的关节模型组件，模型组件的大小比例和活动度均与人体的关节完全相同；同时，ArthroS系统的硬件设备如镜头、显示器、微创器械等也均与真实手术器械的外观、质地相一致。这些都为学员的操作实践营造出极为真实的场景与体验。更重要的是，ArthroS系统内部包含有丰富的数字化疾病模型，通过选定与案例内容相匹配的疾病模型，系统会呈现出与真实关节镜近乎一致的高清虚拟画面（图2A~D）。学员通过虚拟画面可直观地观察到关节内组织结构及病损表现，借助系统自带的人机交互平台，可实现虚拟仿真环境下的操作训练与手术模拟。

另外，考虑到单纯采用虚拟仿真系统进行临床教学在形式上较为单一，且在教学过程中过度依赖该套系统很容易造成“唯器材”的不良导向，因此在研究中同时引入了CBL教学法。将虚拟仿真教学与CBL相结合，在借助虚拟仿真器材营造逼真场景有效提升学员操作技能的同时，也强调了案例学习对于培养临床诊疗思维及分析、解决临床实际问题能力的重要性[8]。同时，案例的引入也为临床教学创设了具体的背景，使教学内容更生动具体。这使学员在关节镜操作培训中也能感受到自己并非单纯是在学习某项孤立的技能，而是在解决案例中的某个具体临床问题，因此其操作实践的自主性、目的性和针对性都会得到加强。另外，通过对具体案例的学习，能帮助学员对关节镜诊疗操作的适应证、禁忌证及并发症等有更具体、更深刻的认识。从问卷调查结果可以看出，试验组的理论考核与技能考核成绩均高于对照组，且在课程形式的新颖性、场景模拟的真实度两方面的评价也优于对照组。因此，采用虚拟仿真关节镜模拟系统与CBL联合的教学模式可为骨科临床教学提供沉浸式的、全真模拟的诊疗场景与操作体验，能有效增强临床教学效果。

3.2 练、考智能一体化有效提升操作培训效能

关节镜不同于传统的手术操作，其需要具备较强的空间感和手眼协调能力，这需要经历足够的实操训练和较长的学习周期[9-10]。但受限于医疗风险和医学伦理，住培学员很少有机会能以患者为对象进行实践操作。有文献报道[11]利用简易内镜训练箱进行关节镜操作训练，虽可在一定程度上提升操作者的空间感和手眼协调能力，但训练箱内的模具构造与人体解剖结构相差甚远，无法模拟真实的术中

情况，实战性不强。也有院校采用动物或尸体标本进行关节镜技能培训[12]，但最终都因伦理或成本问题难以推广。本研究所采用的ArthroS关节镜模拟系统能很好地规避医疗风险和医学伦理问题，学员可毫无顾虑地、反复多次地进行操作训练，在短期内可快速提升技能水平，从而缩短学习周期。ArthroS系统设有不同的操作模式，任务模式类似闯关游戏，可极大提升学员的学习兴趣和专注力；疾病专项模式实操性强，与CBL教学中的真实案例相匹配，可培养学员处理特定临床疾病的实战技能。系统自带的智能考评系统能实时记录学员的操作数据，并进行量化分析生成成绩表，从而及时反映学员操作中的不足，再经教师指导纠正后有利于形成规范化的操作动作。从本研究两组学员的操作考核成绩可以看出，经ArthroS系统培训后的试验组操作考核成绩优于对照组。同时，试验组学员的理论考核成绩也优于对照组。这从另一个侧面反映了试验组学员在接受了更为真实的实践操作后，其对于理论知识的认识与理解也更为深刻。问卷调查结果也显示，虚拟仿真关节镜模拟系统结合CBL教学能有效提升学员的学习兴趣和效率，快速提升其临床实践技能，同时也有助于年轻医生职业自信的建立。

3.3 不足与展望

本研究尚存在一些不足：①样本量相对偏少。这主要是因为ArthroS系统在国内推出较晚，在本单位启用的时间也不长，因此受试对象数量相对有限。②仪器设备价格昂贵。ArthroS系统属于最新一代虚拟仿真关节镜模拟系统，目前国内尚无同类型替代产品，因此价格昂贵，这也在一定程度上限制了它在医学院校中的大范围推广。③案例引入方式较为单一。本研究虽然引入了临床真实案例并采用了CBL的教学模式，但案例呈现方式不够生动。在后续的临床教学中将考虑引入标准化病人或尝试将虚拟仿真技术用于构建可交互的数字化模拟病人，以创建更具实战性且更丰富多样化的临床教学场景。

综上所述，虚拟仿真模拟教学结合CBL是一种新型的骨科临床教学模式，其能高度模拟真实的临床诊疗场景，使骨科临床教学更具实战性。同时，该教学模式有助于培养学员的临床诊疗思维并快速提升其临床实践技能，极大地增强了临床教学效果，值得推广。

利益冲突 所有作者声明无利益冲突

作者贡献声明 方盛、孙晓亮：研究设计、文献查阅、论文撰写；徐鹏、周鹏、王益民：研究实施、数据采集；蒋喆成、李树祥：数据统计、分析；李欢：研究实施指导、论文修订

参考文献

[1] Murphy SN, Moore ML, Pollock JR, et al. The top 50 most-cited knee arthroscopy studies [J]. Arthrosc Sports Med Rehabil, 2021, 3(4): e1243-e1253. DOI: 10.1016/j.asmr.2021.05.006.

[2] 孙学斌, 刘阳, 张克远. 关节镜下视频教学在运动医学临床实习教学中的应用[J]. 中华医学教育探索杂志, 2019, 18(10): 1005-1008. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-1485.2019.10.009.

[3] 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. DOI: 10.2196/37599.

[4] Ghaednia H, Fourman MS, Lans A, et al. Augmented and virtual reality in spine surgery, current applications and future potentials [J]. Spine J, 2021, 21(10): 1617-1625. DOI: 10.1016/j.spinee.2021.03.018.

[5] Mahling M, Wunderlich R, Steiner D, et al. Virtual reality for emergency medicine training in medical school: prospective, large-cohort implementation study [J]. J Med Internet Res, 2023, 25: e43649. DOI: 10.2196/43649.

[6] Cevallos N, Zukotynski B, Greig D, et al. The utility of virtual reality in orthopedic surgical training [J]. J Surg Educ, 2022, 79(6): 1516-1525. DOI: 10.1016/j.jsurg.2022.06.007.

[7] Luzzi A, Hellwinkel J, O'Connor M, et al. The efficacy of arthroscopic simulation training on clinical ability: a systematic review [J]. Arthroscopy, 2021, 37(3): 1000-1007.e1. DOI: 10.1016/j.arthro.2020.09.018.

[8] Fromke EJ, Jordan SG, Awan OA. Case-based learning: its importance in medical student education [J]. Acad Radiol, 2022, 29(8): 1284-1286. DOI: 10.1016/j.acra.2021.09.028.

[9] Middleton RM, Vo A, Ferguson J, et al. Can surgical trainees achieve arthroscopic competence at the end of training programs? A cross-sectional study highlighting the impact of working time directives [J]. Arthroscopy, 2017, 33(6): 1151-1158. DOI: 10.1016/j.arthro.2016.10.025.

[10] Price AJ, Erturan G, Akhtar K, et al. Evidence-based surgical training in orthopaedics: how many arthroscopies of the knee are needed to achieve consultant level performance? [J]. Bone Joint J, 2015, 97-B(10): 1309-1315. DOI: 10.1302/0301-620X.97B10.35973.

[11] Banaszek D, You D, Chang J, et al. Virtual reality compared with bench-top simulation in the acquisition of arthroscopic skill: a randomized controlled trial [J]. J Bone Joint Surg Am, 2017, 99(7): e34. DOI: 10.2106/JBJS.16.00324.

[12] Huri, Gülşen MR, Karmış EB, et al. Cadaver versus simulator based arthroscopic training in shoulder surgery [J]. Turk J Med Sci, 2021, 51(3): 1179-1190. DOI: 10.3906/sag-2011-71.

（收稿日期：2023-01-12）

（本文编辑：张学颖）