·住院医师规范化培训·

Miller金字塔三维一体教学在介入超声住院医师规范化培训学员临床胜任力培养中的探索

韦力[1] 王利[1] 周军[2] 周畅[1] 刘蓉[1] 刘芸[1] 张琪[1]

[1]三峡大学第一临床医学院·宜昌市中心人民医院超声科，宜昌 443003；[2]三峡大学附属第二人民医院超声科，宜昌 443003

通信作者：韦力，Email：wlultrasound@163.com

【摘要】 目的 基于Miller金字塔模型构建“知识整合—操作强化—临床协同”三维一体教学模式，通过小样本随机对照试验初步探索其在介入超声住院医师规范化培训学员临床胜任力培养中的效果。**方法** 选取三峡大学第一临床医学院2023至2024级40名超声影像专业住院医师规范化培训学员作为研究对象，所有学员先接受3个月传统带教（理论授课+临床跟台），结束后采用客观结构化临床考试（objective structured clinical examination，OSCE）进行首次考核（含5个标准化考站，Cronbach’s α=0.89）。随后在确保性别、学历、入科成绩及首次OSCE成绩基线均衡的前提下，采用分层区组随机化法将学员分为对照组（n=20，继续传统带教）与试验组（n=20，实施三维一体教学干预），干预包括知识整合（每周1次多学科融合课程）、操作强化（每周2次手术模拟穿刺训练和并发症处理应急演练）和临床协同（每周1例PBL-CBL联合案例教学）。干预3个月后进行第2次OSCE考核，比较组间得分及提升幅度差异，并采用Likert 5级量表调查教学满意度。**结果** 首次OSCE考核2组总分差异无统计学意义[(60.60 ± 4.50) vs. (60.20 ± 3.33)，P=0.751]，且性别、学历、入科成绩等基线指标差异无统计学意义；第2次OSCE考核试验组总分显著高于对照组[(84.20 ± 2.80)vs.(73.65 ± 2.82)，P<0.001]，且组间总分提升幅度差异显著[(23.60 ± 4.35) vs. (13.45 ± 3.02)，P<0.001，Cohen’s d>0.8]，在并发症处理[(3.40 ± 1.31) vs. (2.45 ± 1.32)]和应急处理[(3.50 ± 1.99) vs. (2.30 ± 1.49)]考站，试验组较对照组提升明显（均 P<0.05，0.5<Cohen’s d<0.8），在超声引导穿刺[(5.80 ± 1.67) vs. (2.70 ± 1.38)]、医患沟通[(5.50 ± 1.15) vs. (3.25 ± 1.92)]和综合技能[(5.40 ± 1.64) vs. (2.75 ± 1.77)]考站，试验组较对照组提升幅度更明显（均 P<0.001，Cohen’s d>0.8）。满意度调查的整体满意度得分，试验组显著优于对照组[(4.75 ± 0.42) vs. (3.40 ± 0.57)，P<0.001]。**结论** 三维一体教学模式通过分层教学设计显著提升介入超声住院医师规范化培训学员临床胜任力，学员满意度高，初步验证了其教学效果。

【关键词】 介入超声； 住院医师规范化培训； 临床胜任力； Miller金字塔能力模型； 客观结构化临床考试； 医学教育创新实践

【中图分类号】 R445.1；R-05

基金项目：2024年三峡大学高教研究项目（GJ2435）；2024年三峡大学研究生教学改革研究项目（SDYJ202420）；2024年三峡大学教研项目（J2024093）

DOI: 10.3760/cma.j.cn116021-20250705-02123

Application of a Miller's pyramid-based three-dimensional integrated teaching model for clinical competency development in standardized residency training for interventional ultrasound

Wei Li[1], Wang Li[1], Zhou Jun[2], Zhou Chang[1], Liu Rong[1], Liu Yun[1], Zhang Qi[1]

[1]Department of Ultrasound, Yichang Central People's Hospital/The First Clinical Medical College of China Three Gorges University, Yichang 443003, China; [2]Department of Ultrasound, The Second Affiliated Hospital of China Three Gorges University, Yichang 443003, China

Corresponding author: Wei Li, Email: wlultrasound@163.com

【**Abstract**】 **Objective** To preliminarily evaluate the effectiveness of a Miller's pyramid-based three-dimensional integrated teaching model (knowledge integration, skill reinforcement, and clinical collaboration) for clinical competence enhancement in standardized training of interventional ultrasound residents through a randomized control trial with a small sample size. **Methods** We enrolled 40 ultrasound residents undergoing standardized training in the 2023 and 2024 cohorts from The First Clinical Medical College of China Three Gorges University. All the participants received three months of traditional teaching (theoretical lectures + clinical observation), followed by an initial assessment using an objective structured clinical examination (OSCE) consisting of five standard stations (Cronbach's α=0.89). Subsequently, ensuring baseline equivalence in sex, education level, entry scores, and initial OSCE scores, the participants were divided by stratified block randomization into control group (n=20) to continue to receive traditional teaching and experimental group (n=20) to receive the triad instruction that comprised knowledge integration (multidisciplinary courses once a week), skill reinforcement (puncture simulation and complication management/ emergency response training twice a week), and clinical collaboration (PBL-CBL case studies once a week). A second OSCE was administered after three months of intervention. OSCE scores and score improvements were compared between the two groups. Teaching satisfaction was surveyed using a 5-point Likert scale. **Results** The two groups showed no significant difference in the initial OSCE score [(60.60 ± 4.50) vs. (60.20 ± 3.33), P=0.751] or other baseline indicators (sex, education level, and entry score). The experimental group exhibited a significantly higher post-intervention OSCE score [(84.20 ± 2.80) vs. (73.65 ± 2.82), P<0.001] and a significantly greater improvement in the overall score [(23.60 ± 4.35) vs. (13.45 ± 3.02), P<0.001, Cohen's d>0.8] compared with the control group. Specifically, significantly greater score increases were achieved in the experimental group in complication management [(3.40 ± 1.31) vs. (2.45 ± 1.32), P< 0.05, 0.5<Cohen's d<0.8], emergency response [(3.50 ± 1.99) vs. (2.30 ± 1.49), P<0.05, 0.5<Cohen's d<0.8), ultrasound-guided puncture [(5.80 ± 1.67) vs. (2.70 ± 1.38), P<0.001, Cohen's d>0.8], doctor-patient communication [(5.50 ± 1.15) vs. (3.25 ± 1.92), P<0.001, Cohen's d>0.8], and comprehensive skills [(5.40 ± 1.64) vs. (2.75 ± 1.77), P<0.001, Cohen's d>0.8]. The overall satisfaction score was significantly higher in the experimental group than in the control group [(4.75 ± 0.42) vs. (3.40 ± 0.57), P<0.001]. **Conclusions** With a tiered instruction design, the three-dimensional integrated teaching model significantly enhances clinical competencies and achieves high satisfaction among trainees in standardized residency training for interventional ultrasound, preliminarily demonstrating its teaching effectiveness.

【**Key words**】 Interventional ultrasound; Standardized residency training; Clinical competence; Miller's pyramid-based competency model; Objective structured clinical examination; Innovative practice in medical education

Fund program: 2024 Higher Education Research Project of China Three Gorges University (GJ2435); 2024 Postgraduate Education Reform Research Project of China Three Gorges University (SDYJ202420); 2024 Teaching Research Project of China Three Gorges University (J2024093)

DOI: 10.3760/cma.j.cn116021-20250705-02123

介入超声作为融合影像诊断与临床治疗的新兴技术，其微创精准的优势在肿瘤消融、穿刺活检等临床场景中日益凸显[1]。当前医学教育体系中，影像医学与临床医学长期处于分离教学状态，导致90%的新入职医师缺乏系统的“影像诊断—临床决策—介入操作”一体化培训[2]，碎片化知识体系难以满足介入超声领域对应用型人才的培养需求[3-4]。现有介入超声教学改革的研究多聚焦单一的穿刺技能训练或单一教学方法的应用，缺乏基于临床胜任力分层的系统性教学框架设计，而Miller金字塔模型提出的“认知→应用→实践→胜任”递进能力架构[5]，为破解这一难题提供了理论突破口。本研究基于Miller金字塔能力模型，构建“知识整合—操作强化—临床协同”三维一体教学模式，通过多学科融合课程重构知识体系，依托模拟穿刺与应急演练强化操作技能，结合PBL-CBL联合案例教学提

升临床决策能力。采用前瞻性随机对照设计，以客观结构化临床考试（objective structured clinical examination，OSCE）和 Likert 5 级量表定量评价教学效果，旨在探索提升介入超声住院医师规范化培训学员（简称“住培学员”）临床胜任力培养效果的创新路径，为规范化教学体系构建提供参考。

1 对象与方法

1.1 研究对象

选取三峡大学第一临床医学院 2023 至 2024 级超声影像专业住培学员作为研究对象。纳入标准：①全日制医学影像学或临床医学本科及以上学历；②住培前未接受过介入超声操作培训。排除标准：①既往有介入超声操作经历者；②入科理论考核成绩低于 60 分者；③住培中途退出或数据记录不全者。通过双向筛选机制，最终一次性纳入 40 名住培学员，其中 2023 级学员 22 名、2024 级学员 18 名，男性 17 人、女性 23 人，专硕 18 人、代培专硕 6 人、社会人 5 人、单位人 11 人，其中专硕为在读研究生，社会人和单位人为本科学历。所有学员均接受连续 6 个月的介入超声专项培训，前 3 个月均采用传统带教模式，结束后进行首次 OSCE 考核。随后采用基于年级、性别、年龄、学历、入科成绩及首次 OSCE 成绩的分层区组随机化方法，通过计算机生成随机序列，将学员均衡分为试验组（20 名）与对照组（20 名），确保基线特征组间可比性。后 3 个月对照组继续采用传统带教模式，试验组采用三维一体教学模式进行干预。介入超声专项培训的指导教师均为本院住培办认定的具有住培带教资格的超声科主治及以上职称医师，所有学员对本研究内容均已知情同意，符合《赫尔辛基宣言》中的医学研究伦理原则。

1.2 教学方法

传统临床带教模式（16 学时/周）：包括理论授课、临床跟台和自主学习。理论授课（每周 1 次，2 学时/次）采用小讲课形式，由科室住培指导教师进行介入超声理论讲授，涵盖超声引导肿瘤穿刺活检、囊肿硬化治疗、积液置管引流、肿瘤消融治疗、胆囊胆管置管引流等各类介入超声手术的临床应用；临床跟台（每周 2 次，4 学时/次），以导师示范、学员观摩为主，分阶段参与手术助手和导师指导下的穿刺操作；自主学习（每周 6 学时），包括在科室学习室观看介入超声操作视频资料、查阅病历系统中的介入病例资料。

三维一体教学模式（16 学时/周）：基于 Miller 金字塔的“认知→应用→实践→胜任”分层架构，本研究针对介入超声不同能力层级分别进行了教学方法与教学内容设计，构建了与 Miller 金字塔能力模型精准映射的“知识整合—操作强化—临床协同”三维一体教学方案，见图 1。①知识整合对应认知层（每周 1 次，2 学时/次），采用模块化多学科融合课程讲授形式，邀请院内各专业领域专家讲授医学影像学/肿瘤学/病理学中与介入超声关联的重点内容，主要包括超声/放射/核医学等医学影像判读、肿瘤疾病诊断和综合治疗策略、病理诊断与报告解读、融合影像/超声造影/弹性超声等超声新技术在介入超声中的应用等知识。多学科融合课程突破了传统单学科教学的知识壁垒，通过整合式讲授激活高阶思维，促进学员从碎片化记忆向结构化认知升级[6]，符合 Miller 金字塔中“认知层”对知识系统性和关联性理解的要求。②操作强化对应应用层和实践层，采用传统临床跟台（每周 2 次，4 学时/次）的基础上增加手术模拟训练（每周 2 次，2 学时/次），主要包括：通过手术场景模拟介绍各类介入超声手术的适应证、禁忌证、术前准备和操作流程，利用超声引导模拟系统（北京嘉茂宏公司生产的 GUS-SYSTEM 型超声仿真穿刺训练系统，配备有胸腔穿刺、囊肿穿刺、肿瘤穿刺等仿真模型）训练穿刺路径规划、穿刺精确度、控针能力和调针技巧，并开展急性出血/过敏性休克/心脏呼吸骤停/药物过敏/疼痛等介入超声应急预案演练（所有应急预案脚本的设计均符合急诊医学规范）。这种基于刻意练习理论设计的操作强化训练，通过高频次的重复操作练习和标准化的应急演练，强化了学员的肌肉记忆与应急反应，是技能从“知道如何做”到“熟练展示做”的关键路径[7]。③临床协同对应胜任层，采用 PBL-CBL 联合教学法（每周 1 例，2 学时/例），通过指导教师引导下的学员分组讨论，重点训练学员的临床决策、医患沟通、多学科协作及介入手术全流程管理能力。所有教学案例均选自介入超声真实病例，经本院教学团队多学科协作论证后，通过结构化改编形成标准化教学案例，案例设计严格遵循介入超声诊疗规范，完整保留从临床影像评估、手术

操作、并发症处理到术后随访的全流程数据。临床协同环节基于真实案例的结构化案例教学设计，将前两个阶段（知识整合和操作强化）积累的知识与技能整合为解决临床复杂问题的综合能力，促进学员从“技能展示”向“胜任岗位”的能力跃升[8]，映射Miller金字塔中“胜任层”强调真实情境中独立完成任务的能力要求。

1.3　教学效果评价

构建介入超声操作技能OSCE量表，共设5个标准化考站（表1），考核维度包括：①超声引导穿刺：评估学员的穿刺精准度和控针调针能力；②并发症及应急处理：模拟出血、休克、过敏等场景，考核学员应急流程执行规范性和处置时效性；③医患沟通：采用标准化病人情景模拟，依据Calgary-Cambridge沟通指南[9]评估知情同意、风险告知等环节；④综合技能：模拟真实案例的介入超声手术全程管理，考核学员的临床决策能力。OSCE考核时，学员随机抽取每个考站的考核内容，由2名副高及以上职称且具有丰富介入超声经验的考官独立评分，考官未参与学员的带教且对分组情况不知情，各考站得分取2名考官的平均分，总分=$\sum$各考站得分（最高100分）。满意度评价采用Likert 5级量表设计调查问卷，涵盖教学结构与内容、实践资源与效果、师生互动及整体满意度4个维度，评分范围为1分（非常不满意）至5分（非常满意），带教结束后对2组住培学员进行匿名问卷调查。

1.4　统计学方法

采用SPSS 27.0统计软件进行数据分析。符合正态分布的计量资料（如各考站得分、总分）以均值±标准差表示，组间比较采用独立样本t检验；计数资料以百分比表示，组间比较采用卡方检验。检验水准α=0.05。为量化干预效果强度，采用Cohen’s d值

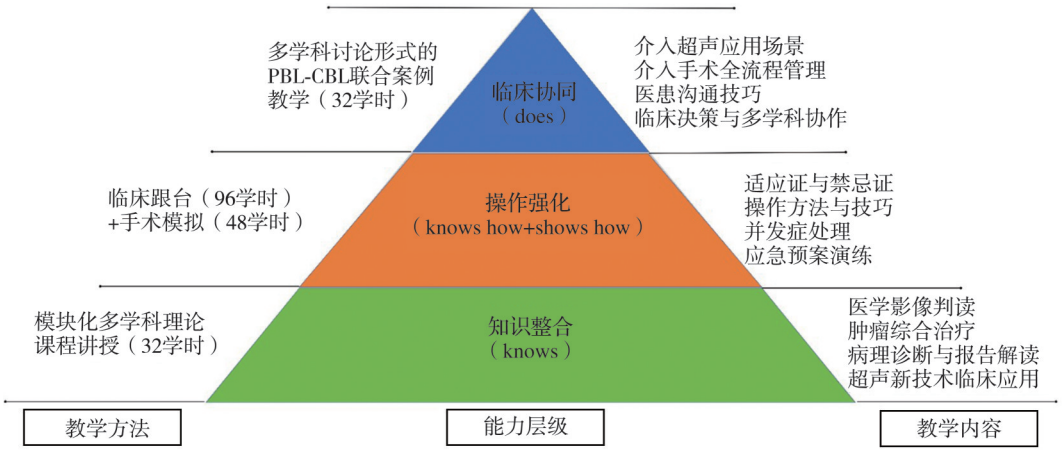


图1　基于Miller金字塔能力模型的介入超声三维一体教学方案设计

表1　介入超声操作技能OSCE考核量表

考站	考核内容	评分细则
考站1（超声引导穿刺）	模拟囊肿硬化治疗（含甲状腺、肝、肾、卵巢等囊肿硬化治疗）	1. 穿刺路径规划合理性（0~8分）； 2. 穿刺针显示稳定性（0~6分）； 3. 实时调整穿刺针能力（0~6分）
考站2（并发症处理）	模拟出血处理（含肝脏穿刺出血、囊肿穿刺腔内出血、胸腹腔穿刺出血等场景）	1. 识别及时性（0~8分）； 2. 处置规范性（0~8分）； 3. 后续监测方案完整性（0~4分）
考站3（应急处理）	模拟休克紧急处理（含出血性休克、药物过敏性休克等场景）	1. 识别休克类别准确性（0~8分）； 2. 处置流程规范性（0~8分）； 3. 术后监测方案合理性（0~4分）
考站4（医患沟通）	介入超声治疗知情同意（含肿瘤消融、囊肿硬化、穿刺活检、胆囊穿刺引流等谈话）	1. 风险告知完整性（0~8分）； 2. 信息解释可理解性（0~8分）； 3. 共情能力（0~4分）
考站5（综合技能）	模拟介入超声诊疗（含肝肿瘤介入诊疗、甲状腺结节介入诊疗等项目）	1. 术前评估准确性（0~8分）； 2. 术中操作规范性（0~8分）； 3. 术后管理标准化（0~4分）

评估效应量，定义|*d*|<0.5 为小效应，0.5~0.8 为中效应，>0.8 为大效应。采用加权 Kappa 系数和组内相关系数（intraclass correlation coefficient，ICC）评价 2 名考官评分的一致性，判断标准参照公认阈值（Kappa 值>0.60、ICC>0.75 表明一致性良好）。

2 结果

2.1 评分者间一致性分析

各 OSCE 考站的加权 Kappa 值为 0.75~0.82（均 *P*<0.001），组内相关系数 ICC 均大于 0.85（95%*CI*=0.79~0.94），表明 2 名考官评分的一致性良好，支持 OSCE 考核结果的可靠性。

2.2 2 组住培学员 OSCE 考核成绩对比分析

2 组学员的年龄、性别构成、学历和入科成绩等差异均无统计学意义（均 *P*>0.05），见表 2。首次 OSCE 考核，试验组 OSCE 总分为（60.60 ± 4.50），与对照组的（60.20 ± 3.33）分相比差异无统计学意义（*P*=0.751），说明 2 组学员的基线指标一致，见表 3。第 2 次 OSCE 考核，试验组 OSCE 总分为（84.20 ± 2.80），显著高于对照组的（73.65 ± 2.82）分，差异有统计学意义（*P*<0.001）（表 4），且试验组总分提升幅度[（23.60 ± 4.35）分]显著高于对照组[（13.45 ± 3.02）分]，差异有统计学意义（*P*<0.001），显示大效应提升（Cohen's *d*>0.8）；在并发症处理和应急处理考站中，试验组较对照组提升明显（均 *P*<0.05），显示中效应提升（0.5<Cohen's *d*<0.8）；在超声引导穿刺、医患沟通和综合技能考站中，试验组较对照组提升幅度最明显（均 *P*<0.001），显示大效应提升（Cohen's *d*>0.8），见表 5 和图 2。通过协方差分析显示 2 组学员的年级因素对 OSCE 提升幅度无显著影响（*F*=0.38，*P*=0.541），表明培训的时间和经历差异未对最终的干预效果产生影响。

表 2 2 组住培学员的基本情况比较（*n*=20）

组别	平均年龄[($\bar{x}\pm s$)，岁]	性别[例（%）]		学历[例（%）]		入科成绩[($\bar{x}\pm s$)，分]
		男	女	本科	研究生	
试验组	23.15 ± 1.27	8（40.00）	12（60.00）	7（35.00）	13（65.00）	82.30 ± 4.99
对照组	23.30 ± 1.17	9（45.00）	11（55.00）	9（45.00）	11（55.00）	82.60 ± 5.44
t/χ^2值	–0.39	0.10		0.42		–0.18
*P*值	0.700	0.749		0.519		0.857

表 3 2 组住培学员首次 OSCE 考核成绩比较[*n*=20，($\bar{x}\pm s$)，分]

组别	超声引导穿刺	并发症处理	应急处理	医患沟通	综合技能	总分
试验组	13.05 ± 1.36	10.95 ± 1.28	10.90 ± 1.33	13.05 ± 1.19	12.65 ± 1.14	60.60 ± 4.50
对照组	13.10 ± 1.17	10.80 ± 1.11	11.05 ± 1.19	12.90 ± 1.45	12.35 ± 1.39	60.20 ± 3.33
*t*值	–0.12	0.40	–0.38	0.36	0.75	0.32
*P*值	0.901	0.693	0.710	0.722	0.459	0.751

表 4 2 组住培学员第 2 次 OSCE 考核成绩比较[*n*=20，($\bar{x}\pm s$)，分]

组别	超声引导穿刺	并发症处理	应急处理	医患沟通	综合技能	总分
试验组	18.85 ± 1.14	14.35 ± 1.18	14.40 ± 1.67	18.55 ± 1.15	18.05 ± 1.28	84.20 ± 2.80
对照组	15.80 ± 1.15	13.25 ± 1.07	13.35 ± 1.57	16.15 ± 1.14	15.10 ± 1.25	73.65 ± 2.82
*t*值	8.42	3.08	2.05	6.65	7.38	11.88
*P*值	<0.001	<0.05	<0.05	<0.001	<0.001	<0.001

表 5 2 组住培学员 OSCE 考核提升幅度比较[*n*=20，($\bar{x}\pm s$)，分]

组别	超声引导穿刺	并发症处理	应急处理	医患沟通	综合技能	总分
试验组	5.80 ± 1.67	3.40 ± 1.31	3.50 ± 1.99	5.50 ± 1.15	5.40 ± 1.64	23.60 ± 4.35
对照组	2.70 ± 1.38	2.45 ± 1.32	2.30 ± 1.49	3.25 ± 1.92	2.75 ± 1.77	13.45 ± 3.02
*t*值	6.39	2.28	2.16	4.51	4.91	8.58
*P*值	<0.001	<0.05	<0.05	<0.001	<0.001	<0.001
Cohen's *d*值	2.02	0.72	0.68	1.42	1.55	2.71
95%*CI*	1.23~2.81	0.06~1.38	0.02~1.34	0.71~2.14	0.82~2.28	1.85~3.57

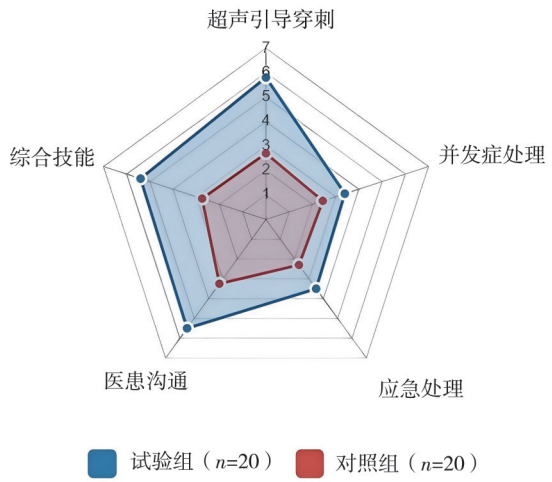


图2　2组住培学员OSCE考站成绩提升幅度对比雷达图

2.3　教学满意度对比分析

试验组在教学结构与内容、实践资源与效果、师生互动及整体满意度等维度的得分均显著高于对照组。其中，实践资源与效果、整体满意度2组差异极显著（均$P<0.001$），教学结构与内容、师生互动2组差异显著（均$P<0.05$），见表6。

表6　2组住培学员教学满意度比较[$n=20$，($\bar{x}\pm s$)，分]

组别	教学结构与内容	实践资源与效果	师生互动	整体满意度
试验组	4.15 ± 0.87	4.60 ± 0.49	4.05 ± 0.68	4.75 ± 0.42
对照组	3.35 ± 1.23	3.15 ± 0.73	3.50 ± 0.88	3.40 ± 0.57
t值	2.52	7.46	2.20	8.95
P值	<0.05	<0.001	<0.05	<0.001

3　讨论

本研究基于Miller金字塔理论框架，构建了“知识整合—操作强化—临床协同”三维一体教学模式，是对介入超声住培教学改革的积极探索。初步的实践结果表明，该模式在激发住培学员学习兴趣和提升临床胜任力方面取得了良好效果。这一教学模式响应了新医科教育中打破学科界限、强化实践能力的培养导向[10]，体现了介入超声作为交叉学科对系统化教学体系的创新改革需求[11-12]，同时适应了介入超声临床应用不断拓展背景下，对住培学员实践能力与综合素养提出的更高要求[13]。

3.1　三维一体教学模式的理论基础和OSCE评价体系的可靠性

介入超声教学模式改革中，案例教学法[14]、模拟穿刺教学法[1,15]等应用已取得良好的教学效果，但通常侧重于单一的穿刺技能培训，缺乏提升介入超声综合能力的教学方案。窦健萍等[3]提出了思维培养与技能培训结合的介入超声人才培养模式，强调知识储备系统化、教学模式一体化、技能培训标准化和临床实践规范化的理念，然而对如何将理论知识与实践技能一体化培训未进行系统阐述。Miller金字塔模型在医学教育中应用广泛，如临床技能评估、课程设计和教学方法选择等[16]。本研究首次基于该模型的理论框架，结合介入超声临床胜任力培养规律，构建了“知识整合—操作强化—临床协同”三维一体教学模式，将Miller金字塔的“认知→应用→实践→胜任”四阶段转化为可操作的教学策略，这一分层设计符合介入超声医师从理论知识积累到临床实践的递进成长规律。与既往聚焦单一方法或单一穿刺技能培训的研究不同，三维一体教学模式采用多元化教学法，通过多学科融合课程重构知识体系，依托模拟穿刺与应急演练强化操作技能，结合PBL-CBL联合案例教学提升临床决策能力，更注重培养介入超声临床胜任力。

OSCE是一种知识、技能和态度并重的临床能力考核形式，可以全面、客观地评估临床综合实践能力，在国际上被广泛采用[17]。为客观评估教学效果，本研究参考Harden等[18]1975年提出的经典OSCE理论，结合介入超声实践性强的特点，构建了包含5个考站的多维度OSCE评价量表，涵盖操作技能、并发症处理、应急处置和综合技能等介入超声医师需具备的核心能力，这种多维度考核设计显著提升了评价的客观性。本研究利用双考官独立评分的一致性检验，减少了主观偏差，支持考核结果的可靠性，为教学效果的标准化评价提供了方法论支撑。

3.2　三维一体教学模式显著提升住培学员的学习兴趣

在知识整合环节，本研究通过多学科融合课程教学设计，重点讲授不同学科与介入超声高度关联的知识，如甲状腺结节超声影像特征与病理表现的内在联系、肝肿瘤的超声/放射/核医学影像特点及对比、乳腺癌分类及新辅助治疗后疗效评估等课程。这种打破学科界限的方式更有利于帮助学员建立全面的介入诊疗认知，相比传统带教模式只讲授单一介入超声理论知识，其新颖性激发了学员的深层学习动机。满意度调查显示试验组对“教学结

构与内容”的认可度明显高于对照组，说明学员更愿意主动学习，验证了多学科融合教学对学习动机的激活作用[19]。操作强化环节，通过手术模拟穿刺训练的设计，学员可以在安全的环境中使用仿真模型进行反复穿刺操作练习，完成穿刺路径设计→调整穿刺偏差→精准穿刺目标等操作细节，显著增强了学习代入感，相比传统带教的导师演示学员观摩，学员的学习兴趣更浓厚，满意度调查中的“实践资源与效果”，试验组的模拟穿刺远超对照组的跟台观摩。临床协同环节，利用PBL-CBL联合教学方法，通过真实临床案例的分组讨论设计，学员主动参与决策过程，角色代入感强，且在案例教学中，指导教师与学员之间以及学员之间的交流互动氛围良好，学习兴趣和积极性得到充分调动，满意度调查中的“师生互动”，试验组明显高于对照组。这种“多学科融合教学—模拟操作强化—真实案例决策”的分层递进教学设计显著提升了住培学员的学习热情，试验组对教学整体满意度的显著提升，表明学员认可模拟穿刺训练和案例讨论的教学价值。

3.3 三维一体教学模式显著提升临床胜任力培养效果

多项研究认为运用多学科知识解决复杂问题的能力是跨学科人才的核心能力[19-20]。介入超声学具有影像诊断和临床操作相融合的特点，要求介入超声医师掌握多学科知识及多模态影像融合的应用能力[21]，因此介入超声医师的临床胜任力培养需要注重多学科知识整合能力。本研究构建的三维一体教学模式，知识整合对应认知层，通过每周1次的多学科融合课程重构学员的“疾病—影像—治疗”立体认知，侧重培养学员的多学科知识整合能力，教学内容涵盖医学影像判读（包含超声、CT、MRI及核医学图像判读的基础知识，常见肿瘤的不同影像学表现等）、肿瘤综合治疗策略（如基于临床诊疗指南的肝肿瘤/甲状腺结节等诊断和治疗方法等）、病理报告解读（如合格穿刺病理标本的判断、临床常见肿瘤的病理学分类、各免疫组化指标的临床意义等）和超声新技术应用（如超声造影/弹性超声如何指导介入超声精准穿刺活检、如何评估肿瘤消融治疗效果等）。这种系统性整合的知识讲授有效促进了学员的多学科知识储备，成为学员综合决策能力提升的理论基础。临床协同对应胜任层，采用每周1例的PBL-CBL案例教学，组织学员开展临床真实病例的多学科讨论，侧重培养学员的临床决策、医患沟通、多学科协作和手术全流程管理能力，实现从操作技能到临床决策能力的跃升。这种知识整合层构建的多学科知识体系与临床协同层的案例实践教学形成了双向促进机制，多学科课程讲授的介入超声关联知识为临床决策提供理论基础，而PBL-CBL案例教学又通过临床真实病例中的诊疗思维培养，反向促进学员深化对理论知识的理解，使理论知识内化为临床决策能力。本研究结果显示，试验组综合技能及医患沟通得分均显著优于对照组（均 $P<0.001$），且综合技能（Cohen’s $d=1.55$）及医患沟通（Cohen’s $d=1.42$）相比对照组的提升幅度均呈大效应量，验证了徐岚等[19]指出的“跨学科知识需临床实践激活”与Dizon等[17]强调的“案例教学促进知识迁移”，共同推动临床决策能力跃升，提升学员的临床胜任力。

介入超声具有实践性强的特点，需要医师具备熟练的操作技巧和应急处理能力[1]。由于传统带教模式中的操作训练是以导师示范和学员观摩为主，学员的实际动手操作机会较少，且对于出血等并发症处置及休克等应急处理能力缺乏系统性培养。针对上述问题，本研究的三维一体教学模式设计了“操作强化”环节，对应Miller金字塔能力模型的应用层与实践层，采用模拟穿刺训练、并发症处理和应急预案演练的教学方法，侧重训练学员的精准穿刺能力、控针调针能力、并发症识别及应急处理能力。结果显示试验组在超声引导穿刺站的提升幅度达（5.80 ± 1.67）分，显著高于对照组的（2.70 ± 1.38）分，并呈现大效应量（Cohen’s $d=2.02$），证实模拟穿刺操作训练有效促进了学员对穿刺的程序性记忆形成，验证了何萍等[15]提出的“模拟训练加速技能转化”。值得注意的是，并发症处理站（Cohen’s $d=0.72$）和应急处理站（Cohen’s $d=0.68$）仅呈现中效应量，体现出这种应急模拟演练的教学方法仍存在局限性，分析原因可能是临床应急处理的能力提升更依赖真实临床经验积累，脱离真实情境的模拟演练对应急能力提升的效果有限，这符合医学人才培养中操作技能与应急处理能力的差异化发展规律[19]，提示并发症和应急处理能力的培养需要在临床实际工作中进一步加强。

4 结语

本研究基于Miller金字塔能力模型构建“知识整合—操作强化—临床协同”三维一体教学模式，

利用OSCE考核量化评估学员的介入超声技能水平，通过随机对照设计初步验证了其在提升介入超声住培学员临床胜任力中的显著效果，且教学满意度高。但受限于单中心小样本量，且未追踪学员结业后临床实践的长期效果，其结论的推广价值还需进一步验证。后续将推进多中心大样本研究，继续探索该模式的长期实践效果与内在作用机制，对其普适性作纵深探究。

利益冲突　所有作者声明不存在利益冲突

作者贡献声明　韦力：研究设计和实施、研究经费获取；王利：论文撰写、文献查阅；周军：组织协调、研究经费获取；周畅：组织考核、数据采集；刘蓉：论文批判性审查；刘芸、张琪：数据解释、统计分析、论文撰写

参考文献

[1] 竹彬杨，刘滢滢，邸郅欣，等. 模拟教学法在介入超声诊疗培训中的应用探索[J]. 继续医学教育，2024，38(1)：53-56. DOI：10.3969/j.issn.1004-6763.2024.01.014.

[2] 杨瑞民. 浅谈介入医学的人才培养与学科管理[J]. 医学信息(手术学分册)，2007(10)：945-947. DOI：10.3969/j.issn.1006-1959-C.2007.10.042.

[3] 窦健萍，于杰，梁萍. 介入超声思维培养与技能培训模式的探索与应用[J]. 中国继续医学教育，2024，16(3)：143-147. DOI：10.3969/j.issn.1674-9308.2024.03.031.

[4] 石文媛，倪鑫. 构建儿科介入超声人才规范化培养模式 [J/OL]. 中华医学超声杂志(电子版)，2022，19(3)：193-194. DOI：10.3877/cma.j.issn.1672-6448.2022.03.001.

[5] Bordage G, Carlin B, Mazmanian PE, et al. Continuing medical education effect on physician knowledge: effectiveness of continuing medical education: American College of Chest Physicians Evidence-Based Educational Guidelines [J]. Chest, 2009, 135(3 Suppl): 29S-36S. DOI: 10.1378/chest.08-2515.

[6] Spelt EJH, Biemans HJA, Tobi H, et al. Teaching and learning in interdisciplinary higher education: a systematic review [J]. Educ Psychol Rev, 2009, 21(4): 365-378. DOI: 10.1007/s10648-009-9113-z.

[7] Marcus CH, Newman LR, Winn AS, et al. TEACH and repeat: Deliberate practice for teaching [J]. Clin Teach, 2020, 17(6): 688-694. DOI: 10.1111/tct.13205.

[8] de Andrade Gomes J, Braga LAM, Cabral BP, et al. Problem-based learning in medical education: a global research landscape of the last ten years (2013-2022) [J]. Med Sci Educ, 2024, 34(3): 551-560. DOI: 10.1007/s40670-024-02003-1.

[9] Kurtz SM, Silverman JD. The Calgary-Cambridge referenced observation guides: an aid to defining the curriculum and organizing the teaching in communication training programmes [J]. Med Educ, 1996, 30(2): 83-89. DOI: 10.1111/j. 1365-2923.1996.tb00724.x.

[10] 国务院办公厅关于加快医学教育创新发展的指导意见[EB/OL]. (2024-01-20)[2025-07-01]. https://www.gov.cn/zhengce/content/2020-09/23/content_5546373. htm.

[11] 何晓鹏，李青青，童向民，等. 大型综合医院学科建设现状及提升策略[J]. 卫生经济研究，2023，40(4)：74-76. DOI：10.14055/j.cnki.33-1056/f.2023.04.014.

[12] 肖昕. 教师教育学建设的逻辑进向：学科体系、学术体系及话语体系的三维构建[J]. 黑龙江高教研究，2023，41(4)：8-16. DOI：10.19903/j.cnki.cn23-1074/g.2023.04.007.

[13] 黄瑛. 精准时代的介入超声诊疗：继承与创新[J]. 中国临床医学影像杂志，2021，32(8)：533-535，539. DOI：10.12117/jccmi.2021.08.001.

[14] 柯茜茜，黎萍，王潇. 案例教学法在超声引导介入临床教学实践中的应用[J]. 科教导刊(电子版)，2024，8(3)：81-83.

[15] 何萍，李志强，陈文，等. 血管穿刺训练模型在介入超声教学中的应用[J]. 介入放射学杂志，2023，32(7)：696-698.

[16] Hampton D, Melander S, Tovar E, et al. Value of miller's pyramid for clinical skills assessment in the evaluation of competency for nurse practitioner students [J]. J Nurse Pract, 2024, 20(4): 104952. DOI: 10.1016/j.nurpra.2024.104952.

[17] Dizon S, Malcolm JC, Rethans JJ, et al. Assessing the validity of an OSCE developed to assess rare, emergent or complex clinical conditions in endocrinology & metabolism [J]. BMC Med Educ, 2021, 21(1): 288. DOI: 10.1186/s12909-021-02653-4.

[18] Harden RM, Stevenson M, Downie WW, et al. Assessment of clinical competence using objective structured examination [J]. Br Med J, 1975, 1(5955): 447-451. DOI: 10.1136/bmj.1.5955.447.

[19] 徐岚，陶涛，周笑南. 跨学科研究生核心能力及其培养途径：基于美国IGERT项目的分析[J]. 学位与研究生教育，2018(5)：61-68. DOI：10.16750/j.adge.2018.05.012.

[20] 程晋宽，李云鹏，薛李. 如何改进跨学科研究生教育?：基于美国的经验与启示[J]. 研究生教育研究，2022(4)：90-97. DOI：10.19834/j.cnki.yjsjy2011.2022.04.14.

[21] Fletcher P, De Santis M, Ippoliti S, et al. Vector prostate biopsy: a novel magnetic resonance imaging/ultrasound image fusion transperineal biopsy technique using electromagnetic needle tracking under local anaesthesia [J]. Eur Urol, 2023, 83(3): 249-256. DOI: 10.1016/j.eururo.2022.12.007.

（收稿日期：2025-07-05）

（本文编辑：兰明娟）