·护理教育研究·

# PICC置管术虚拟仿真平台的构建及临床培训应用评价

尹慢慢[1]　李秀婷[2]　盛源[1]　郑雪露[1]　高伟[3]　朱楠[1]
[1]山东大学护理与康复学院，济南　250014；[2]山东大学附属济南市中心医院放射科，济南　250013；[3]山东大学齐鲁医院PICC门诊，济南　250012
通信作者：朱楠，Email：zonner@163.com

**【摘要】 目的**　构建经外周静脉置入中心静脉导管（peripheral inserted central catheter，PICC）置管术虚拟仿真培训平台，并探讨其在临床培训中的应用效果。**方法**　整群选取2020年与2021年参加某省PICC专业技术高级培训班的118名护士参与本研究。其中2020年（$n$=51）培训以理论授课结合操作实训的形式进行，2021年（$n$=67）在原有培训形式的基础上引入虚拟仿真平台作为补充。使用SPSS 23.0进行独立样本$t$检验，比较两年的理论与操作考核成绩，评价平台的应用效果。通过满意度调查和学习日志，了解平台的使用感受。**结果**　2021年参与培训护士的理论成绩为（96.56 ± 3.17）分，操作成绩为（94.06 ± 2.16）分，其中操作成绩优于2020年（$t$=−11.37，$P$<0.001），理论成绩差异无统计学意义（$t$=0.17，$P$=0.853）。2021年使用虚拟仿真平台的护士中63人（94.0%）认为本平台能辅助提高培训效果；61名（91.0%）护士期待虚拟仿真技术在其他知识的教学与培训中应用。**结论**　虚拟仿真技术作为一种新型的教学形式，能够提升临床护士置管操作培训的效果和满意度，为相关技能培训的开展提供了参考。

**【关键词】** 外周静脉置入中心静脉导管；　虚拟仿真；　平台构建；　效果评价
**【中图分类号】** R47
**基金项目：**山东大学实验室建设与管理研究重点项目（sy20192402）；山东大学教育教学改革项目（2021Y240）
DOI: 10.3760/cma.j.cn116021-20220410-01289

**Construction of virtual simulation platform for PICC catheterization and evaluation of clinical training application**

*Yin Manman[1], Li Xiuting[2], Sheng Yuan[1], Zheng Xuelu[1], Gao Wei[3], Zhu Nan[1]*
*[1] School of Nursing and Rehabilitation, Shandong University, Jinan 250014, China; [2] Department of Radiology, Jinan Central Hospital, Shandong University, Jinan 250013, China; [3] PICC Clinic of Shandong University Qilu Hospital, Jinan 250012, China*
*Corresponding author: Zhu Nan, Email: zonner@163.com*

**【Abstract】 Objective**　To construct a virtual simulation training platform for peripheral inserted central catheter (PICC) catheterization and discuss its application in clinical training. **Methods**　A total of 118 nurses who attended the PICC professional and technical advanced training courses in a province in 2020 and 2021 were enrolled in this study. In 2020, the training was conducted in the form of theoretical teaching combined with practical training ($n$=51), and in 2021, virtual simulation platform was introduced as a supplement on the basis of the original training ($n$=67). SPSS 23.0 was used for independent-samples $t$-test to compare the theoretical and operational assessment results of the two years and evaluate the application effect of the platform. Through the satisfaction survey and learning log, the nurses' experience of using the platform was understood. **Results**　The theoretical performance and the operational performance of nurses who participated in the training in 2021 were (96.56 ± 3.17) and (94.06 ± 2.16) respectively, and the operational performance was better than that of nurses who participated in the training in 2020 ($t$=−11.37, $P$<

0.001), and the difference in theoretical performance was not statistically significant ($t$=0.17, $P$=0.853). In 2021, 63 nurses (94.0%) who used the virtual simulation platform believed that the platform could assist to improve the training effect; 61 nurses (91.0%) expected the application of virtual simulation technology in the teaching and training of other knowledges. **Conclusion** As a new teaching form, virtual simulation technology can significantly improve the training effect and satisfaction, and provide reference for the development of relevant teaching and training.

**【Key words】** Peripheral inserted central catheter; Virtual simulation; Platform construction; Effect evaluation

**Fund program:** Key Project of Laboratory Construction and Management of Shandong University (sy20192402); Education and Teaching Reform Project of Shandong University (2021Y240)

DOI: 10.3760/cma.j.cn116021-20220410-01289

经外周静脉置入中心静脉导管（peripheral inserted central catheter，PICC）因具备留置时间长、使用安全、维护方便等优点被广泛应用。为更好地保障患者安全及发挥导管的作用，《静脉治疗护理技术操作规范》（下文简称“规范”）中规定PICC置管操作应由经过PICC专业知识与技能培训、考核合格且有5年及以上临床工作经验的护士完成[1]。规范对置管护士的理论知识和实践能力有较高的要求[2]。但是当前置管操作培训存在形式单一、抽象知识（如血管走形、解剖位置）理解困难、操作真实感和人文关怀缺乏等问题[3]；加之侵入性操作存在较大安全风险，不便在真人身上反复练习，因此相关培训质量难以保证。虚拟现实（virtual reality，VR）是一种以现代计算机科技为核心，结合相关信息技术，生成与目标真实环境在视、听、触感等方面高度接近的数字化环境的新技术[4]。研究证实，该技术在医学教育领域的应用可有效解决部分操作成本高、可重复率低、风险大、延续性差、优质培训资源短缺等问题[5-6]。本研究利用虚拟仿真技术构建PICC置管术培训平台并在专科护士培训中应用，以期为规范护士置管操作流程、提升培训质量提供参考，现将结果报道如下。

## 1　PICC置管术培训平台的构建

### 1.1　设计思路

平台内容由学院实验教学中心按照专科护士培训要求设计，以规范为标准，并邀请某三甲医院静脉治疗专家团队进行审核[1]。引入食管癌患者行超声引导下PICC置管术案例，以3D重构技术搭建仿真病房环境与人物形象，将案例教学、虚拟仿真与情境模拟等教学方法进行深度融合。综合运用多重感官、多类资源展示护士自接到置管医嘱至操作后完善护理记录的完整操作流程。平台基于开放式的J2EE技术架构，运用JAVA、SQL、JavaScript、Unity3D等技术搭建数据应用层、中间技术层、用户界面层立体框架，具有场景还原度高、3D效果精准、人机交互直接流畅、护患关系亲切规范、后期维护方便等优点。

### 1.2　设计要点

①高仿真：利用3D重构、人机互动、透视等技术，还原临床置管场景，配合规范的人机对话，自然推动操作流程，增加真实体验。②交互性：立足学员视角在背景提示语、文字提示框及蓝光指引下，护士通过点击鼠标、拖拽对应元件等动作，操控3D仿真置管，完成练习及考核，提升沉浸感。③全面性：与以往理论与操作割裂为两个独立环节不同，本平台运行360°全景3D技术和人体解剖分层透视技术，配以血管超声实时影像，将理论和实践完整结合，形象生动、全程全面展示置管流程，实现在练中学、学中练的目标。④共享性：无局域网限制，可随时随地通过浏览器登录使用。⑤个性化：页面可自由缩放，便于学员选择适宜的操作视野，支持选定任意环节作为本次学习的起始点，避免重复操作导致时间浪费。

### 1.3　模块功能

用户通过访问网址（http://web.51-x.cn/fzpt/index/#/index）进入平台，输入账号和密码即可进行在线学习与操作。其包括练习、考核、历史成绩、资料下载4个模块（图1）。

#### 1.3.1　练习模块

该模块将屏幕划分为4个区域，顶部文字提示框内展示理论知识，左侧流程菜单显示操作流程，

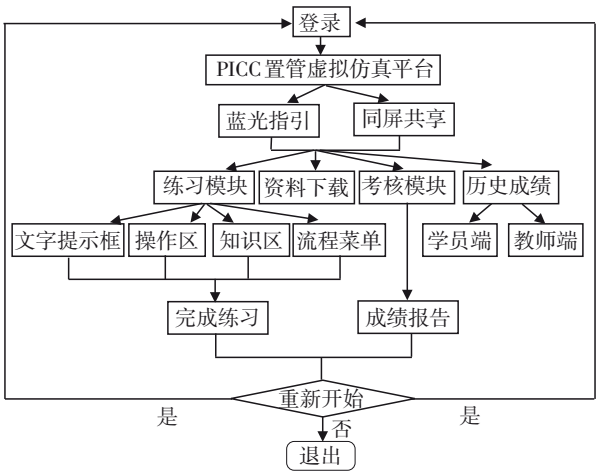



**图1**　平台使用流程图

中央操作区呈现当前操作，右侧知识区显示相关视频、影像学资料、图片及习题（图2）。平台通过同屏共享的形式，同时展示文字、图片、视频等多种资源，帮助学员掌握模拟操作过程中不便直观展示或理解困难的环节，学练结合。如真实穿刺时需实时观看血管超声图像确定进针位置，这一步骤在以往模拟操作中很难还原，而平台实现了基于血管超声图像的穿刺进针可视化操作，且当超声探头接触上肢置管部位皮肤时，自动循环播放该区域血管超声视频进行衔接。对于送管等精细步骤，通过连续推动带刻度的滑动条插件进行复刻，当学员使用鼠标推动滑动条模拟送管动作出现速度过快、过慢或不均时，平台就会提示操作不规范及相应原因。针对需重点记忆的理论知识，在对应操作环节加入选择、判断题进行测试，及时反馈学员记忆效果。若使用过程中出现操作不规范或回答错误，则自动重复出错环节，直至错误改正（当连续错误次数≥3次，系统会给出知识点提示）。

#### 1.3.2　考核模块

考核模块与学习模块场景相同，但没有任何指引及提示。学员在无任何提示下独立完成置管操作视为考核。考核结束即刻显示成绩单，显示操作时长、每一步骤的得分情况，便于学员明确本次操作中存在的问题，有重点地进行复习。

#### 1.3.3　历史成绩

记录学员历次考核所用时间、总成绩及各步骤的得分情况。教师账号可查看学员的使用次数、时间及分数，并以此为依据，明确薄弱环节，优化培训质量。

#### 1.3.4　资料下载

上传专家共识、指南、研究进展、讲座通知、影音图片等，以满足学员继续学习的需求。

## 2　平台的应用与评价

### 2.1　对象与方法

采用整群抽样的方法，选取2020年和2021年参加某省PICC专业技术高级培训班的118名护士参与本研究，其中2020年有51名护士参与培训，2021年为67人。纳入标准：已获得国家护士职业资

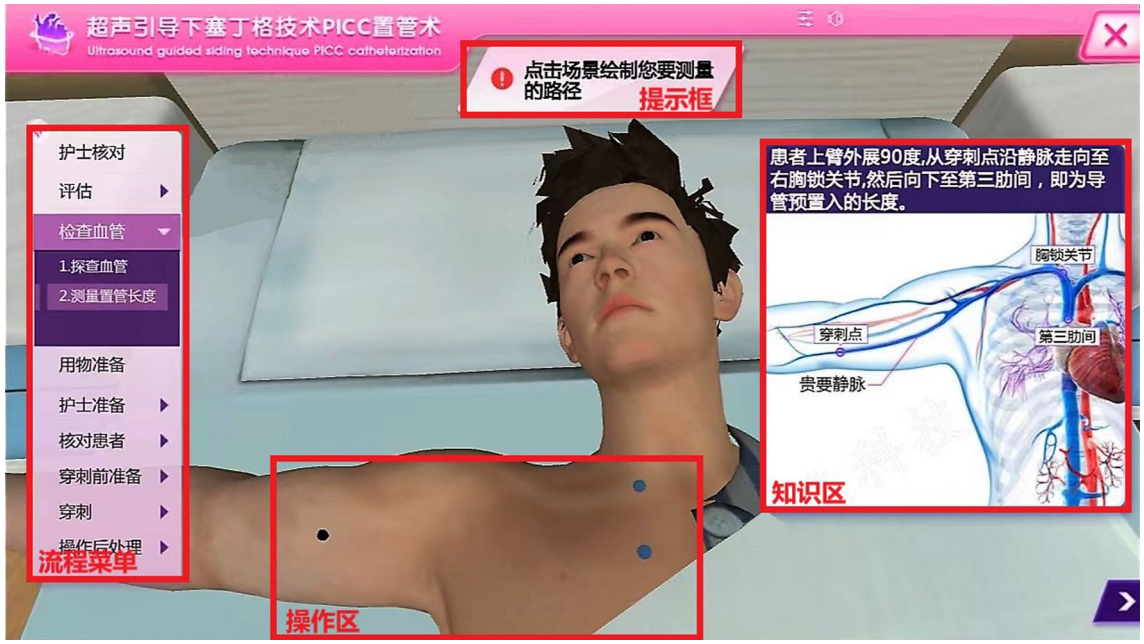



**图2**　平台内区域划分

格证书；从事临床静脉治疗工作；知情同意并自愿参与本研究。排除标准：未按培训计划完整参与培训；未获得培训结业证书。

**2.2**　实施方法

2020 年培训为理论授课+操作实训的形式，2021 年在原有培训基础上新增虚拟仿真平台作为补充。两次培训的内容、授课教师、考核方式及评分标准等完全相同，护士均来自省内医疗机构。在 2021 年培训开始前，向符合纳入标准的护士分配账号，发布文字版使用指南和语音讲解进行统一使用指导，培训期间平台持续开放。两次培训均在操作实训结束后第 2 天进行理论和操作考核，均为百分制。理论考试题由计算机随机抽自省专科护士培训题库；操作考试由两位监考教师按照同一标准独立评分，最终得分取两位教师打分的平均值。监考教师为省护理学会聘请的临床护理专家，不知晓本研究的相关事宜。

对使用本平台的 2021 年培训护士在考核结束后发放电子问卷调研使用效果。同时为更全面了解学员对平台的意见与建议，鼓励学员撰写日志记录使用体验。培训过程中可随时将日志发送至研究者邮箱，由专人对日志内容进行收集、整理、反馈和分析。

**2.3**　评价方法

**2.3.1**　项目的使用情况及培训后考核成绩比较

登录教师端查看平台的使用次数、时间、扣分点及操作节点时长等数据，精准评价平台的使用情况；并比较 2021 年和 2020 年参加培训护士的成绩是否存在差异。

**2.3.2**　使用效果评价

参照姜小鹰等[7]设计的教学效果满意度评价量表和教学过程评价量表，编制使用效果评价量表。其包括 13 个条目，每个条目下设不同意、中立、同意 3 个等级。

**2.3.3**　学习日志

使用文本分析法，提取护士使用虚拟仿真平台后学习日志的关键词，以词云图的形式进行视觉化展现。

**2.4**　统计学方法

使用 SPSS 23.0 软件进行数据的处理与分析。计量资料用（均数 ± 标准差）进行描述；分类资料用频数与构成比表示。使用独立样本 $t$ 检验比较两组成绩均数间的差异，检验水准：双侧 $\alpha$=0.05，以 $P$<0.05 为差异有统计学意义。

## 3　结果

**3.1**　一般资料

本研究共纳入研究对象 118 人，其中 2020 年参与培训 51 人，2021 为 67 人。2021 年参与培训护士的年龄为（36.82 ± 4.95）岁，2020 年参与培训护士的年龄为（34.74 ± 2.16）岁。两组研究对象在一般资料上的差异无统计学意义，具有可比性（表 1）。

**表 1**　研究对象一般资料比较[$n$（%）]

| 项目 | 类别 | 2021 年（$n$=67） | 2020 年（$n$=51） | $\chi^2$ 值 | $P$ 值 |
|---|---|---|---|---|---|
| 性别 | 男 | 1（1.5） | 2（3.9） | – | 0.578 |
| | 女 | 66（98.5） | 49（96.1） | | |
| 学历 | 中专 | 1（1.5） | 0（0.0） | 2.81[a] | 0.412 |
| | 大专 | 6（9.0） | 4（7.8） | | |
| | 本科 | 57（85.1） | 47（92.2） | | |
| | 研究生及以上 | 3（4.5） | 0（0.0） | | |
| 职称 | 护士 | 1（1.5） | 1（2.0） | 0.68[a] | 0.957 |
| | 护师 | 11（16.4） | 8（15.7） | | |
| | 主管护师 | 46（68.7） | 36（70.6） | | |
| | 副主任护师 | 9（13.4） | 6（11.8） | | |
| | 主任护师 | 0（0.0） | 0（0.0） | | |
| 是否为静脉治疗专科护士 | 是 | 52（77.6） | 40（78.4） | 0.02[b] | 0.884 |
| | 否 | 15（22.4） | 11（21.6） | | |
| 是否参加过 PICC 相关培训 | 是 | 67（100.0） | 51（100.0） | – | – |
| | 否 | 0（0.0） | 0（0.0） | | |

注：a，为使用 Fisher 确切概率法；b，为 Pearson 卡方检验。

### 3.2　平台使用情况及考核成绩比较

#### 3.2.1　平台使用情况

截止到考核结束，2021 年参与培训的护士共使用虚拟仿真平台 417 次，人均使用 6.07 次，平均每次使用时长为 0.73 h。其中学习模块的总使用时长为 178.69 h，占比 58.7%。

#### 3.2.2　考核成绩比较

2021 年参与培训护士的操作成绩高于 2020 年护士，且差异有统计学意义（$t$=−11.37，$P$<0.001）；两次培训的理论成绩均处于较高水平，差异无统计学意义（表 2）。

**表 2**　护士培训考核成绩比较[$(\bar{x} \pm s)$，分]

| 组别 | 理论成绩 | 操作成绩 |
|---|---|---|
| 2021 年（$n$=67） | 96.56 ± 3.15 | 94.06 ± 2.16 |
| 2020 年（$n$=51） | 96.67 ± 2.75 | 88.23 ± 3.32 |
| $t$ 值 | 0.17 | −11.37 |
| $P$ 值 | 0.853 | <0.001 |

### 3.3　使用效果评价

收回 2021 年参与培训护士使用效果评价电子问卷 67 份，回收率 100.0%。结果显示，每个条目均有超过 85.0% 的护士给予正向评价（选择同意选项）（表 3）。

### 3.4　学习日志

截至考试结束共收到学习日志 101 份，根据内容将其分为评价类和建议类两种。收到评价类日志 52 份，出现频率较高的评价类关键词分别为：图文并茂 20 次；节约耗材 17 次；直观 14 次；新颖 13 次；提高效率 11 次（图 3）。收到建议类日志 49 份，提炼为 4 方面内容：①初次操作存在一定困难，应细化平台使用流程；②提高图片及超声视频资料的清晰度；③根据不同终端，设计不同版本，优化使用体验；④解决卡顿、操作不流畅问题。




**图 3**　评价类日志词云图

## 4　讨论

### 4.1　虚拟仿真平台应用于 PICC 置管操作培训反馈良好，满意度高

为解决当前 PICC 操作培训存在成本高、实操机会有限及真实感缺乏等问题，课题组依托高校护理学实验教学中心与临床静脉治疗专家团队共同开发了高仿真、高互动的 PICC 置管操作平台。结果显示，2021 年参与培训的护士的操作成绩优于 2020 年培训护士，证明虚拟仿真平台的使用对护士置管操作能力的提升有明显帮助；理论成绩提升不显著可能与两次考核中该部分成绩一直处于较高水平有关。这与宋春雪、殷秀敏等[8-9]的研究结论相同。参

**表 3**　2021 年参与培训护士的平台使用效果评价[$n$=67，$n$(%)]

| 条目 | 不同意 | 中立 | 同意 |
|---|---|---|---|
| 学习或练习的趣味性增强 | 1(1.5) | 5(7.5) | 61(91.0) |
| 主动学习或练习的想法增加 | 2(3.0) | 3(4.5) | 62(92.5) |
| 自主学习的能力增强 | 2(3.0) | 3(4.5) | 62(92.5) |
| 学习时间和地点自由化 | 0(0.0) | 3(4.5) | 64(95.5) |
| 节约了操作准备时间 | 0(0.0) | 3(4.5) | 64(95.5) |
| 提高了操作练习效率 | 2(3.0) | 4(6.0) | 61(91.0) |
| 有助于加深对抽象理论知识与操作过程的理解 | 2(3.0) | 4(6.0) | 61(91.0) |
| 有助于加深对操作技能要点与注意事项的掌握 | 0(0.0) | 6(9.0) | 61(91.0) |
| 有助于提高操作的熟练程度 | 3(4.5) | 6(9.0) | 58(86.6) |
| 保证培训质量的前提下，节约培训的耗材开销 | 0(0.0) | 0(0.0) | 67(100.0) |
| 能辅助提升培训效果 | 0(0.0) | 4(6.0) | 63(94.0) |
| 相较于传统的培训教学方法效果更好 | 3(4.5) | 5(7.5) | 59(88.0) |
| 希望在以后其他的培训与教学中推广 | 2(3.0) | 3(4.5) | 61(91.0) |

与使用本平台的大多数护士认为该类型平台能够在保证培训质量的前提下，节约耗材开销、加深对知识的理解、加强对重难点的掌握、提高操作熟练度并提升培训效果。本研究中61名(91.0%)护士期待其在其他教学与培训中推广。整体来说护士对该平台的满意度处于较高水平。

**4.2** 虚拟仿真平台应用于PICC置管操作的培训优势

①作为常规培训的辅助工具，平台利用图片、动画、超声视频及习题等多种资源以多屏共享的形式，展示不便在模拟操作中体现或仅凭理论授课难以理解的重点知识，加强学员对操作过程的理解[10]。②通过3D互动技术重构真实置管环境与情境，能够解决置管操作现场观摩视角受限、存在安全风险、实践机会有限的问题。③将有蓝光指引的练习模块与考核模块结合使用，帮助学员快速熟记繁杂的操作流程。④通过点击、拖动鼠标等动作，替代部分实际操作行为，节约耗材，缓解实训用具消耗量大、成本高的问题。⑤支持网页登录，无需下载任何插件、程序，便于随时随地重复使用，解决常规培训效果随时间延长变差的问题。⑥平台架构稳定，便于维护，使用周期长。后期将完善导管维护、电磁导航引导PICC尖端定位技术等操作，以及持续上传本领域前沿进展，持续满足护理人员延续性学习的需求[11]。

**4.3** 虚拟仿真培训平台构建的启示与建议

为更好适应信息化背景下知识获取方式与传授方式的转变，国家大力推进虚拟仿真项目的建设，支持其在理论教学、实践教学与技能培训中广泛应用。多项研究结果表明，虚拟仿真技术具有节约成本、实用可靠、增加兴趣、避免危险及规避伦理争端等优势[12]。也有研究者认为当今虚拟仿真技术在应用过程中存在原创性不够、情境单一、互动性少、体验感差、不利于增加护患间沟通、弱化人文关怀能力、难以提升护生实践技能水平与满意度优势不明显等问题[13]。争议的存在与当前缺乏VR技术应用评价标准密切相关，故应当尽快落实标准的制定工作，从内容、形式、操作及技术质量等各个维度，对平台质量进行评价，推动高水平平台的研发。

**利益冲突**　所有作者声明无利益冲突

**作者贡献声明**　尹慢慢、李秀婷：文章构思与撰写；盛源、郑雪露：文章修改；高伟：整体质量把控；朱楠：平台开发、沟通协调

**参考文献**

[1] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. 静脉治疗护理技术操作规范：WS/T 433—2013[S]. 北京：中国标准出版社，2014.

[2] 罗艳，袁丽，张柳花，等. 分段式教学联合柯氏模型评价在PICC专科护士教学中的应用研究[J]. 中华医学教育探索杂志，2021，20(9)：1026-1029. DOI: 10.3760/cma.j.cn116021-20210211-00622.

[3] 赵路，王兵，段丽娟，等. 基于“互联网+”及SP的多学科联动教学在静疗专科护士培训中的应用研究[J]. 中华医学教育探索杂志，2021，20(7)：837-840. DOI: 10.3760/cma.j.cn116021-20210208-00559.

[4] 赵沁平. 虚拟现实综述[J]. 中国科学(F辑：信息科学)，2009，39(1)：2-46. DOI: 10.1360/zf2009-39-1-2.

[5] Izard SG, Juanes JA, García Peñalvo FJ, et al. Virtual reality as an educational and training tool for medicine [J]. J Med Syst, 2018, 42(3): 50. DOI: 10.1007/s10916-018-0900-2.

[6] Wang Y. Influence of virtual reality technology on clinical thinking cultivation of medical students [J]. J Healthc Eng, 2021, 2021: 8004883. DOI: 10.1155/2021/8004883.

[7] 姜小鹰，胡蓉芳，颜艺鹭，等. 分娩护理虚拟仿真实验项目的设计与应用[J]. 中华护理教育，2020，17(3)：197-201. DOI: 10.3761/j.issn.1672-9234.2020.03.001.

[8] 宋春雪，张鹏，訾春艳，等. 虚拟仿真技术联合智慧职教云课堂在分娩护理实训教学中的应用[J]. 护理学杂志，2021，36(23)：65-68. DOI: 10.3870/j.issn.1001-4152.2021.23.065.

[9] 殷秀敏，聂立婷，郭敏，等. 基于鼻饲术的虚拟仿真平台在基础护理教学中的应用[J]. 护士进修杂志，2019，34(16)：1445-1448. DOI: 10.16821/j.cnki.hsjx.2019.16.002.

[10] 嘉志雄，赵贤哲，田杏音，等. 模拟医学融合平台建设在医护一体化培训中的应用与评价[J]. 中国护理管理，2020，20(7)：979-984. DOI: 10.3969/j.issn.1672-1756.2020.07.005.

[11] 胡萍萍，雷新云. 电磁导航尖端确认系统在PICC尖端定位中的应用研究进展[J]. 护理研究，2022，36(2)：254-259. DOI: 10.12102/j.issn.1009-6493.2022.02.012.

[12] 李雁平，罗亮，金凤娟，等. 微课结合高仿真模拟人在护生临床技能教学中的应用[J]. 中国实用护理杂志，2018，34(24)：1898-1902. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1672-7088.2018.24.013.

[13] 豆欣蔓，裴菊红，张玉芳，等. 虚拟现实技术在护理教学中应用效果的Meta分析[J]. 中华护理教育，2021，18(7)：618-623. DOI: 10.3761/j.issn.1672-9234.2021.07.008.

(收稿日期：2022-04-10)

(本文编辑：张学颖)