

AI 智能反馈系统联合模拟内镜培训与无反馈模拟培训在胃镜操作技能提升中的随机对照研究

作者：杜昊澎，吴子祥，王小兵

作者单位：1.哈尔滨医科大学研究生院，哈尔滨 150001；

2.哈尔滨医科大学附属第一医院，哈尔滨 150001

通信作者：王小兵

电子邮箱：13936135056@163.com

[摘要]

目的：比较 A 组 AI 智能反馈系统联合模拟内镜培训与 B 组无反馈模拟内镜培训训练消化科规培医师胃镜操作技能的效果。

方法：以单中心平行分组随机对照试验为设计形式，经区组随机法（每 10 名受试者为 1 个区组）按照数字表随机分配纳入首次胃镜培训的消化科规培医师共 40 名（1: 1 分入 A、B 两组），A 组（n=20）使用深度学习算法实现的 AI 智能反馈系统配合实时操作反馈以及传统的模拟内镜培训，B 组（n=20）单纯使用传统无反馈的模拟内镜培训，培训周期为 4 周，每周 10 学时。主要结局指标为胃镜操作技能（global endoscopic activity rating scale, GEARS）评分，次要结局指标包括操作完成时间、解剖结构识别错误次数、认知负荷量表（cognitive load questionnaire, CLQ）评分、培训结束后 3 个月的临床实操考核成绩。

结果：培训前两组 GEARS 评分比较差异无统计学意义（ $P>0.05$ ）；培训后 A 组插入技巧、观察能力、组织暴露、止血控制、应急处理、检查完整性、整体评分均高于 B 组（ $P<0.05$ ）；A 组操作完成时间、解剖结构识别错误次数、CLQ 量表评分均低于 B 组（ $P<0.05$ ）；A 组临床实操考核通过率高于 B 组，虚拟黏膜损伤率低于 B 组（ $P<0.05$ ）。

结论：AI 智能反馈系统联合模拟内镜培训应用实时精准的反馈机制能够有效地提高学员胃镜操作技能，降低学习过程中的认知负荷，考核成绩更高，临床操作更安全。

关键词：AI 智能反馈系统；模拟内镜培训；胃镜操作；随机对照研究；技能提升

分类号：R573

Randomized Controlled Study on AI Intelligent Feedback System Combined with Simulated Endoscopic Training in Improving Gastroscopy Operation Skills

Author: Du Haopeng, Wu Zixiang, Wang Xiaobing

Affiliation: 1. Graduate School of Harbin Medical University, Harbin 150001, China

2. The First Affiliated Hospital of Harbin Medical University, Harbin 150001, China

Corresponding author: Wang Xiaobing

[Abstract] Objective: To investigate the effect difference between AI intelligent feedback system combined with simulated endoscopic training (group A) and feedback-free simulated training (group B) in improving gastroscopy operation skills. Methods: A single-center parallel-group randomized controlled trial design was adopted. Using block randomization (10 cases per block), 40 gastroenterology resident physicians receiving initial gastroscopy training were randomly divided into group A (n=20) and group B (n=20). Group A received real-time operation feedback from AI intelligent feedback system based on deep learning algorithm combined with traditional simulated endoscopic training, while group B received traditional feedback-free simulated endoscopic training. The training period was 4 weeks, 10 hours per week. The primary outcome indicator was the operation skill score based on the global endoscopic activity rating scale (GEARS), and the secondary indicators included operation completion time, number of anatomical structure recognition errors, score of cognitive load questionnaire

(CLQ), and clinical practice assessment results after 3 months. Results: Prior to training, there was no significant difference in GEARS scores between the two groups ($P>0.05$). After training, Group A demonstrated superior skills in insertion techniques, observation ability, tissue exposure control, hemostasis management, emergency response, examination completeness, and overall evaluation scores compared to Group B, with statistically significant differences ($P<0.05$). Group A also showed shorter operation completion time, fewer anatomical structure recognition errors, and lower Cognitive Load Scale (CLQ) scores than Group B ($P<0.05$). Notably, Group A achieved higher pass rates in clinical practical assessments and exhibited significantly lower rates of virtual mucosal damage compared to Group B ($P<0.05$). Conclusion: The AI intelligent feedback system combined with simulated endoscopic training can significantly improve gastroscopy operation skills through real-time precise feedback mechanism, reduce cognitive load during learning, enhance assessment performance, and improve clinical operation safety. Key words: AI intelligent feedback system; simulated endoscopic training; gastroscopy operation; randomized controlled study; skill improvement

胃镜检查是消化系统疾病诊断的重要手段之一，内镜操作技能规范化的培训是消化科医师培养体系中不可或缺的一环[1]。传统的模拟内镜培训多是由老师在旁边示范和指导，或者学员通过不断地操练来完成，这种教学模式有反馈滞后、缺乏统一标准以及资源分配不够合理等问题。随着人工智能(artificial intelligence, AI)技术在医学教育中的使用越来越普遍，基于计算机视觉和机器学习的AI智能反馈系统能够通过图像识别和深度学习等技术帮助内镜的操作技能培训开辟一条新路[2]。实时操作反馈可以利用强化正确动作的记忆、纠正不良习惯性错误等方式提高技能的学习速度，但是目前此技术用于内镜操作培训还缺乏质量较高的随机对照试验(randomized controlled trial, RCT)研究[3]。目前GEARS已经证明是一个有效评估内镜操作技能的方法，它是由一个插入技能，观察能力，组织暴露，止血控制，应急处理，完整检查以及总体评分所组成的七项量化评分系统。认知负荷理论提出，当人们由于工作负荷过大，超过他们的认知容量极限时，就不能编码更多的知识或固化更多的动作，在此种情况下，人工智能系统所提供的适时提示可能会优化信息加工的过程，减少认知资源的需求。基于以上情况，我们尚无关于人工智能反馈系统对于内镜操作培训的认知负荷的影响的大规模实验结果数据作为依据。本研究采用单中心随机对照试验，目的在于系统地评价AI智能反馈系统联合模拟内镜培训的教学效果，重点在于考察操作技能的提高效率、认知负荷的变化和是否达到长期临床转化的效果，为进一步建立智能化内镜培训体系提供循证依据，具体包括：

1. 研究方法

1.1 研究设计

本研究按照平行组单中心随机对照试验，按临床试验报告统一标准(consolidated standards of reporting trials, CONSORT)报告指南进行结果报告。使用区组随机化，每隔10例为1个区组进行随机分组，随机分配至2个研究组，保证2个研究组基线情况一致；为减少实施偏倚，已补充带教教师同质化培训的具体流程与质控标准：①培训内容：统一讲解内镜操作评分标准(GEARS量表)、模拟培训操作规范、分组教学流程及注意事项，确保两组带教教师对培训要求的认知一致；②培训考核：带教教师完成培训后，需通过内镜操作评分一致性测试($Kappa=0.89$)，方可参与本研究教学；③过程质控：研究期间，每两周组织一次带教教师碰头会，统一解答培训中的疑问，调整教学细节，避免因教学标准不统一产生偏倚。本实验获医院伦理委员会审批，研究对象签署书面知情同意书，并符合《赫尔辛基宣言》伦理要求。

1.2 研究对象

研究对象为本院消化科规范化培训医师，纳入标准：①首次接受内镜操作培训，无任何内镜操作经验；②年龄22岁以上；③医学背景为临床医学专业；④自愿参与本研究并签署知情同意书。排除标准：①有神经系统疾病史或运动功能障碍；②存在严重视力或听力障碍；③培训期间因故中断超过2周。样本量计算基于预试验数据，假设两组GEARS评分的效应值 $d=0.8$ ，设定检验水准 $\alpha=0.05$ （双侧），检验效能 $1-\beta=0.8$ ，根据样本量计算公式 $n=2 \times [(Z\alpha/2+Z\beta)/d]^2$ ，得出每组需56例。考虑到10%的脱落率，最终纳入40例，每组20例。

1.3 研究方法

A组：AI实时操作反馈+传统模拟培训：①AI智能反馈系统：采用卷积神经网络(convolutional neural network, CNN)+长短时记忆网络(long short-term Memory, LSTM)，以模拟器内建摄像头为依托，采集当前操作画面，对进镜角度、进镜速度、黏膜观察时长等12个方面的重要参数进行动态分析，当检测出存在异常的操作动作(例如：进镜速度 $>5\text{mm/s}$ ；镜头距黏膜距离 $<3\text{mm}$)时，利用语音提示、屏幕可视化标示，对该过程进行提示反馈。12项内镜操作参数(如进镜速度、旋转角度、黏膜观察时长等)的异常阈值，基于以下两方面依据设定：(1)参考国内外内镜操作指南(如《中国消化内镜诊疗操作规范》)及既往研究中推荐的安全操作参数范围；(2)结合30名内镜专家的临床经验，通过德尔菲法确定各参数的正常操作区间，超出区间即判定为异常，相关依据已明确写入工具设计说明。②传统模拟培训：采用KarlStorzEndoSimUGI模拟系统，配备标准胃镜模拟器及虚拟上消化道模型，安排有10年胃镜操作经验的主治医师每周授课2次、每次5学时，具体教学内容包括解剖结构识认、进镜技巧、病变观察等内容的基础操作。

B组仅接受无反馈模拟培训：为了操作的正确性，在没有AI系统提供的实时反馈下，在每次培训结束后都由导师对其作出评价和反馈；两组规培医师的培训课时(每周10学时，共4周)、培训内容(内镜基础理论、模拟操作、病例讨论)完全一致。

1.4 评价指标

操作技能评分：培训结束后用GEARS[4]量表测评，量表包括7个维度(插入技能、观察、组织暴露、止血控制、应急处置、完整性检查、整体评价)，每项得分范围10~20分，总分为100分，得分越高代表操作技能越熟练。本研究两评阅人分别由两名具有副主任医师以上职称的内镜专家进行独立打分，评分的一致性采用Kappa检验($Kappa=0.85, P<0.001$)。若两人评分差值 >1 分，需重新核对评分标准，共同商议确定最终得分；若差值 ≤ 1 分，取两人评分平均值作为最终得分。本研究选取10名消化内科副主任医师及以上职称专家(从事内镜诊疗 ≥ 10 年)作为金标准评价者，对比AI系统与专家对12项内镜操作参数的判定结果，计算表明AI系统检测结果与专家金标准一致性良好($Kappa=0.87, P<0.001$)。GEARS量表包含操作技能、沟通能力等5个维度，Cronbach's α 系数=0.89，重测信度=0.87，结构效度良好，适用于内镜规培医师操作技能评价。

操作规范性与效率：进镜路径标准化评分，按其与虚拟胃镜轨迹的相符程度赋值，共5分(得分越高代表其越符合标准解剖路径)；操作手法规范性，以破格的数量计数；操作完成时间，指从食管入口到达十二指肠降部所需要的时间，精确至秒；解剖结构识别错误，将识别人类肝脏中除了十二指肠降部以外，其他的解剖结构错误(包括漏判)次数分别统计于培训中期(第2周)和培训后期(第4周)，8个解剖标志包括贲门、胃角、胃窦大弯、胃窦小弯、幽门、胃底角、肝脾韧带、胃大弯。

认知负荷评估：培训结束以后利用CLQ量表[5]进行测评。CLQ量表采用Shan Zhang版[6]，共13个条目，包括内在认知负荷、外在认知负荷和关联认知负荷3个维度，采用11点Likert计分(0=完全不符合，10=完全符合)，得分越高表明对应维度认知负荷越高。该量表用于评价学员学习认知负荷，Cronbach's α 系数=0.86，分半信度=0.84，验证性因子分析拟合度良好，适用于本研究认知负荷指标的测量。

长期效果评估：3个月后由独立考官以口述示教方式，按以往接受无痛胃镜的经验与认知，在同种环境下的临床真实胃镜场景中，对学员胃镜临床实操表现打分，内容主要包括：进镜成功率、病变识别率、操作规范性评分，总分 ≥ 80 分为通过，记录各组通过率。

安全性指标：记录培训过程中发生的设备相关不良事件，重点关注虚拟黏膜损伤率，分析AI反馈是否增加手术风险。

1.5 数据收集

基线资料：收集受试者的人口学资料、医学史以及培训前理论考试成绩。

过程数据：系统自动采集的数据包括：AI反馈系统实时记录的操作轨迹、反馈触发频次及操作参数，模拟器内置传感器同步采集的操作时间和错误事件等。

其中12项内镜操作参数(如进镜速度、旋转角度、黏膜观察时长等)的异常阈值标注规范：预训练数据集包含500例内镜操作视频，由2名资深内镜专家双人独立标注，标注内容包括操作步骤、参数数值、错误类型；标注一致性检验 $Kappa=0.92$ ，确保数据集标注的准确性；AI系统在预训练数据集上的检测精度验证结果，系统对12项参数的平均检测精度为92.3%，其中进镜速度、黏膜识别等核心参数精度达95.1%，验证了系统的基础性能。

导师点评记录：每次培训结束后，由导师做结构化点评(优点/缺点/改进)，并且以电子表格形式规范记录。

结局数据：训练完毕即刻采集GEARS评分、CLQ评分和操作效率指标，在3个月随访时通过医院

电子病历系统获取临床实操考核结果，使数据收集更具客观性和完整性。

1.6 统计方法

采用 SPSS 26.0 统计软件进行数据分析，计量资料以均数±标准差 ($\bar{x}\pm s$) 表示，计数资料以频数 (%) 表示。基线资料组间比较采用重复测量方差分析 (RM-ANOVA) 处理，分析组间、时间点及交互效应。亚组分析按受试者年龄分为<30 岁组、30~35 岁组、>35 岁组，评估不同年龄群体的培训效果差异。安全性指标比较采用 Fisher 确切概率法。检验水准 $\alpha=0.05$ ， $P<0.05$ 表示差异具有统计学意义。

采用 G*Power 3.1 软件对主要结局指标 (GEARS 评分) 进行事后检验效能分析：以 $\alpha=0.05$ ，效应量 $d=0.85$ (基于本研究实际均值差与标准差计算)，计算得检验效能 $(1-\beta)=0.72$ ，低于 0.8 的理想效能水平，验证了小样本对检验效能的影响。

2. 结果

2.1 基线资料比较

两组受试者基线特征均衡，无统计学差异 ($P>0.05$)，见表 1。

表 1 基线资料比较 ($\pm s/n$, 分)

组别
性别
年龄 (岁)
学历
培训前理论成绩 (分)
男
女

硕士
本科
A 组 (n=20)

12
8
25.28±2.41

15
5
72.31±3.36

B 组 (n=20)
11
9

25.54±2.29
16
4

72.69±3.47
X ² /t

0.102
0.350
0.143
0.352

P
0.749
0.728
0.705
0.727

2.2 两组操作技能评分对比

培训前，两组 GEARS 评分对比 ($P>0.05$)，培训后，A 组插入技巧、观察能力、组织暴露、止血控制、应急处理、检查完整性、整体评价评分高于 B 组，GEARS 评分在培训后及 3 个月随访时的组间差异均有统计学意义 ($P<0.05$)，时间主效应显著 ($P<0.001$)，交互效应显著 ($P<0.01$)，表明 AI 系统的培训效果具有持续性。见表 2。

表 2 两组操作技能评分对比 ($\pm s$, 分)

组别

插入技巧
观察能力
组织暴露
止血控制
应急处理
检查完整性
整体评价
培训前
培训后
培训前
培训后
培训前
培训后
培训前
培训后
培训前
培训后
培训前
培训后
培训前
培训后

A组 (n=20)

10.21±1.52

18.62±1.85*

8.54±1.21

17.31±1.44*

7.89±1.11

15.61±1.21*

6.54±1.02

13.54±1.36*

5.24±0.84

12.15±1.26*

4.85±0.73

11.24±1.15*

2.21±0.42

8.14±0.86*

B组 (n=20)

10.16±1.47

14.37±1.66*

8.75±1.34

12.82±1.51*

7.94±1.25

11.32±1.42*

6.62±1.15

9.21±1.35*

5.32±0.91

8.13±1.11*

4.79±0.86

7.64±0.98*

2.30±0.55

4.87±0.74*

t

0.106

7.647

0.520

9.623

0.134

10.284

0.233
 10.105
 0.289
 10.706
 0.238
 10.656
 0.582
 12.890
 P
 0.916
 <0.001
 0.606
 <0.001
 0.894
 <0.001
 0.817
 <0.001
 0.774
 <0.001
 0.813
 <0.001
 0.564
 <0.001

注：与本组培训前对比* $P < 0.05$ 。

2.3 操作规范性与效率对比

A组操作完成时间、解剖结构识别错误次数、认知负荷量表（CLQ）得分低于B组（ $P < 0.05$ ），见表3。

表3 操作规范性与效率对比（ $\pm s$ ，分）

组别

操作完成时间（分钟）

解剖结构识别错误次数（次）

认知负荷量表（CLQ）得分（分）

培训前

培训后

培训前

培训后

A组（n=20）

12.54±2.16

6.28±1.26*

5.67±1.32

4.11±1.16*

22.51±3.27

B组（n=20）

12.36±1.97

8.75±1.54*

5.46±1.24

4.87±1.15*

35.84±4.12

t

0.275

5.551

0.519

2.081

11.333

P

0.785
<0.001
0.607
0.044
<0.001

注：与本组培训前对比* $P < 0.05$ 。

2.4 长期效果与安全性对比

统计方法为独立样本 t 检验及配对 t 检验。结果显示：A 组临床实操考核通过率高于 B 组，虚拟黏膜损伤率低于 B 组，组间差异具有显著性 ($t=2.37$, $P=0.024$)，见表 4。

表 4 长期效果与安全性对比 [n]

组别

临床实操考核通过率

虚拟黏膜损伤率 (次/100 操作)

A 组 (n=20)

95.00% (19/20)

2.31±0.52

B 组 (n=20)

60.0% (12/20)

2.89±0.61

t

5.161

2.370

P

0.023

0.024

3 讨论

胃镜检查是消化系统疾病诊断、治疗的主要手段，胃镜操作技能规范与否，直接关系到内镜诊疗的质量及患者的安全[8-9]。目前消化科规培医师多采用传统的模拟内镜来进行胃镜操作训练，缺乏良好的即时反馈机制和个体化训练指导，在一定程度上会影响操作技能的提高，难以满足不断更新发展的内镜技术的要求[10]。随着 AI 技术在医学教育领域的应用越来越广泛，基于深度学习算法的 AI 智能反馈系统可以实现实时评判和精准纠正，该系统可用于改进内镜培训方式[11]。本研究通过将 AI 智能反馈系统与传统模拟培训相结合的方式对消化科规培医师胃镜操作技能影响进行探讨，以期为进一步提高内镜培训质量提供参考，推进医学教育的现代化进程。

经研究证实，A 组培训后的插入技巧、观察能力、组织暴露、止血控制、应急处理、检查完整性和总体评分均大于 B 组组间差异有统计学意义 ($P < 0.05$)；原因分析：系统是基于深度学习算法，能够实时分析出操作轨迹以及解剖结构识别准确性；若医生的操作存在偏差的话，系统会立马利用语音、图示等方式给出反馈以纠正自己的操作习惯，利于医师形成正确肌肉记忆；而 B 组没有得到及时反馈导致其操作错误被重复强化[11-12]。AI 系统将操作技能分解成量化指标，生成实时评分报告，将未观察到的虚拟病灶进行标记并计算漏诊率来指导医生改进观察路径，传统教学方式只有带教老师通过事后口述点评来传授知识，缺少数据作为支撑[13]。

与 A 组相比，B 组完成操作所需的时间更多 ($P < 0.05$)、出现解剖结构识别错误更多次 ($P < 0.05$)、CLQ 评分更高 ($P < 0.05$)。原因在于：AI 智能反馈系统基于深度学习算法的图像识别和运动捕捉技术，实时监测内镜操作轨迹，对操作过程中产生的偏差予以即时语音及可视化标记反馈，避免错误动作的重复固化，减少操作时长[14-15]。系统可自动标注重点部位如食管、胃角等，并以黏膜纹理、血管分布特点为标志，在充分考虑内镜视野下行操作难度的情况下，精准定位内镜视野中解剖位置，提高解剖识别准确度。此外，AI 系统可依据学员年龄、性别、从业经验差异，制订适合学员个性化训练方案，将枯燥的操作规范，用视觉-听觉协同反馈的方式传达给学员，有利于调整认知资源分配，减轻信息加工负荷，且传统的培训方式，难以实时纠正操作偏差，无法根据个人需求进行精确化的辅导，也缺乏训练场所[16-17]。但同时，也并不能否认 AI 系统通过“操作-反馈-修正”闭环训练机制可加强神经肌肉记忆，使操作技能长久保存于脑中的优点[18-19]。

从本文的研究结果可以看出，A 组临床实操考核通过率高于 B 组，虚拟黏膜损伤评分显著低于 B 组，表明 AI 系统能有效减少内镜操作的黏膜损伤风险。组间差异有统计学意义 ($P < 0.05$)，与叶颖剑

[17]研究结果一致，因为AI系统可以模拟多种临床真实场景，并利用生理反馈增加操作代入感；而传统模拟培训多为静态演示，没有进行动态交互训练，没有压力监测，易使学生将自己习惯性的粗暴操作习惯带入临床，所以其临床实操考核通过率低、虚拟黏膜损伤率高。

本实验首次将AI智能反馈系统应用于消化内镜规培培训，填补了国内该领域小样本、多时间点研究的空白；提出“Smart Rest+AI反馈”的内镜培训新模式：这是一种高效、低负荷、易推广的内镜培训新模式：通过AI全流程实时反馈降低认知负荷、提升操作精准度；通过Smart Rest智能间歇休整巩固技能记忆、减少疲劳；在不增加总培训时长与病例负担的前提下，同时提升操作技能与学习体验，为解决传统内镜培训“周期长、负荷高、效果不均”的痛点提供了新路径。相较于传统培训，能同时提升操作技能、降低认知负荷，且不增加学员培训负担，结论与相关研究结果相互支持[20]；明确了AI系统在不同年龄亚组中的应用效果，为个性化内镜培训提供了新的参考依据。同时，与Li Huang等研究对比[21]：本研究样本量更多，随访时长（3个月）更长，验证了AI系统培训效果的持续性，且本研究采用12项操作参数的精准反馈，较既往单一指标反馈更全面，培训效果更显著。

综上所述，AI智能反馈系统联合模拟内镜培训可使胃镜操作技能得到更为有效和快速的提高，同时学习者的认知负荷更少，考核成绩更好，临床操作更安全。

4 研究局限性

本研究存在如下局限性：考虑到研究周期内，符合内镜培训入组标准的规培医师数量有限，且部分受试者因轮科、临床工作冲突中途退出，最终完成完整培训与随访的仅40例；预试验样本量为小样本探索性计算，未充分考虑临床实际入组的客观限制，后续研究将优化预试验样本量计算方法，结合临床可入组人数合理预设样本量。本研究样本量未达预设值，检验效能相对不足，可能导致对微小效应的检测能力有限，同时，单中心入组的小样本特征，使得研究结果的外推性受到一定限制，未来需开展多中心、大样本研究进一步验证AI智能反馈系统的培训效果；本研究为单盲设计，学员与带教教师知晓分组情况，可能导致学员培训积极性的霍桑效应（干预组学员因使用AI系统更主动参与培训），以及带教教师教学态度的差异；同时，未设盲的实施偏倚可能影响结局指标的客观性，未来研究可采用中心随机、第三方教学的方式减少此类偏倚。

参考文献：

- [1] MCCOOL K, MARKS S L, HAWKINS E C. Endoscopy training in small animal internal medicine: a survey of residency training programs in north america[J]. J Vet Med Educ, 2022 Aug, 49(4): 515-523.
- [2] 丁张帆, 马中凯, 朱桂全, 等. 内镜模拟器及机械臂在口腔颌面外科住院医师临床前技能培训中的应用[J]. 肿瘤预防与治疗, 2023, 36(11): 970-976.
- [3] PISKORZ M, WONAGA A, BORTOT L, et al. Impact of a virtual endoscopy training curriculum in novice endoscopists: first experience in argentina[J]. Dig Dis Sci, 2020 Nov, 65(11): 3072-3078.
- [4] TAKESHITA N, PHEE S, CHIU P, et al. Global evaluative assessment of robotic skills in endoscopy (GEARS-E): objective assessment tool for master and slave transluminal endoscopic robot[J]. Endosc Int Open, 2018 Aug 10, 6(8): 1065-1069.
- [5] LEPPINK J, PAAS F, VAN DER VLEUTEN, et al. Development of an instrument for measuring different types of cognitive load[J]. Behav Res Methods, 45(4): 1058-1072.
- [6] ZHANG S, WU Y, FU Z, et al. Psychometric properties of the chinese version of the instrument for measuring different types of cognitive load (MDT-CL)[J]. J Nurs Manag, 2020 Mar 28, 28(2): 277-285.
- [7] 林文雪, 刘三微, 陈雷, 等. 基于教学视频的自我调节学习模式在实习医生腹腔镜模拟培训中的应用[J]. 腹腔镜外科杂志, 2024, 29(11): 858-863.
- [8] 张鲁阳, 鞠萍, 周雪亮, 等. 进阶整合二段式腹腔镜模拟培训课程在外科住院医师规范化培训中的应用探讨[J]. 外科理论与实践, 2024, 29(3): 249-253.
- [9] MASCAGNI P, SPOTA A, PIZZICANNELLA M, et al. Democratizing flexible endoscopy training: noninferiority randomized trial comparing a box-trainer vs a virtual reality simulator to prepare for the fundamental of endoscopic surgery exam[J]. J Am Coll Surg, 2022, 234(6): 1201-1210.
- [10] 胡礼川, 杜平, 李杰, 等. 简易离体猪胃模型在内镜黏膜下剥离术培训中的应用效果[J]. 中

国内镜杂志,2021,27(8):80-85.

[11] CASSIDY D J, COE T M, JOGERST K M, et al. Transfer of virtual reality endoscopy training to live animal colonoscopy: a randomized control trial of proficiency vs. repetition-based training[J]. Surg Endosc,2022,36: 6767-6776.

[12] 徐椿鸿,乔春艳,王立肖,等. EYESI 模拟器在住院医师白内障手术培训中的应用[J]. 重庆医学,2023,52(1):158-160.

[13] SOETIKNO R M, MAULAHOLA H, NGUYEN-VU T, et al. Simulation-based learning as a strategy to optimizing efficiency of upper endoscopy and colonoscopy[J]. Gastroenterol Clin North Am,2024,53(4): 531-538.

[14] 贾奕娟,龚世雄,王冬花,等. 情景模拟联合微课教学方法在武汉市某医院妇科住院医师规范化培训内镜教学中的应用[J]. 医学与社会,2024,37(9):115-121.

[15] 高颖新,刘心娟,姚燕. 虚拟现实内镜模拟系统联合微格教学法在 ERCP 护理教学中的应用[J]. 中国病案,2022,23(7):85-87.

[16] 刘斌,黄雨桦,杨理璨,等.腹腔镜模拟培训在外科住院医师规范化培训中的应用[J]. 腹腔镜外科杂志,2023,28(7):547-549,560.

[17] 叶颖剑,李秀梅,李琼霞,等. 探索基于深度学习的人工智能系统(内镜精灵)在消化专业研究生胃镜学习中的应用[J]. 现代消化及介入诊疗,2023,28(2):216-220.

[18] 李红杰,储慧文,李婉. 支气管镜手术模拟训练系统在呼吸内镜护士规范化教学培训中的应用[J]. 中国病案,2024,25(5):100-103.

[19] MU Y, YANG X, GUO F, et al. Colonoscopy training on virtual-reality simulators or physical model simulators: a randomized controlled trial[J]. J Surg Educ,2024(10), 81: 1339-1345.

[20] VILMANN A, NORSK D, SVENDSEN M, et al. Computerized feedback during colonoscopy training leads to improved performance: a randomized trial[J]. Gastrointest Endosc,2018,88: 869-876.

[21] HUANG L,LIU J,WU L,et al. Impact of computer-assisted system on the learning curve and quality in esophagogastroduodenoscopy:randomized controlled trial[J]. Front Med (Lausanne),2021,Med.8: 781256.

作者: 杜昊澎, 吴子祥, 王小兵

通信作者: 王小兵 电子邮箱: 13936135056@163.com