·数智医学教育·

基于虚拟现实技术的颌面战创伤急救培训系统教学效果评价

佘建祯[1,2]　孔海涛[2]　许浩坤[1]　田磊[1]　孔亮[1]　蔡卜磊[1]
[1]口颌系统重建与再生全国重点试验室，国家口腔疾病临床医学研究中心，陕西省口腔疾病临床医学研究中心，空军军医大学口腔医院口腔颌面外科，西安 710032；[2]中国人民解放军95861部队保障部医院，酒泉 735018
通信作者：蔡卜磊，Email：caibolei1020@126.com

【摘要】 **目的**　评价基于虚拟现实（virtual reality，VR）技术的颌面战创伤救治培训系统在本科学员教学实践中的应用效果。**方法**　将在颌面外科参加颌面战创伤战场救治培训的本科学员40名随机分为2组，分别采用VR教学（试验组）及传统带教（对照组）进行相同学时的教学和训练。教学效果采用理论考核+技能考核+问卷调查方法进行评价。使用SPSS 26.0进行卡方检验和t检验。**结果**　试验组理论考核成绩（88.50 ± 4.32）优于对照组（84.75 ± 3.78）分，差异具有统计学意义（t=2.92，P=0.006）；试验组技能考核成绩（90.80 ± 3.35）优于对照组（86.85 ± 4.51），差异有统计学意义（t=3.14，P=0.003）。问卷结果显示，在涉及的10个调查条目中，试验组学员的满意度均高于对照组（P<0.05）。**结论**　与传统教学相比，VR技术所提供的沉浸式教学使学员在急救理论知识与急救操作技巧的掌握上均展现出更优良的教学效果，并且显著提高了学员的学习兴趣和参与度，在颌面战创伤战场救治教学中具有重要的应用价值。

【关键词】 虚拟现实技术；　颌面战创伤；　战场急救；　军事医学教育
【中图分类号】 R-0；R-4；R782
基金项目：军事训练伤防治专项（21XLS12）
DOI: 10.3760/cma.j.cn116021-20250511-02305

Application effect of the first-aid training system for combat maxillofacial trauma based on virtual reality

She Jianzhen[1,2], Kong Haitao[2], Xu Haokun[1], Tian Lei[1], Kong Liang[1], Cai Bolei[1]
[1]State Key Laboratory of Oral & Maxillofacial Reconstruction and Regeneration, National Clinical Research Center for Oral Diseases, Shaanxi Key Laboratory of Stomatology, Department of Oral and Maxillofacial Surgery, School of Stomatology, The Fourth Military Medical University, Xi'an 710032, China; [2]Hospital of Support Department of Army 95861 of PLA, Jiuquan 735018, China
Corresponding author: Cai Bolei, Email: caibolei1020@126.com

【Abstract】 **Objective**　To investigate the application effect of the first-aid training system for combat maxillofacial trauma based on virtual reality (VR) technology in the teaching practice of undergraduate trainees. **Methods**　A total of 40 undergraduate trainees who participated in the battlefield first-aid training of combat maxillofacial trauma in Department of Oral and Maxillofacial Surgery were randomly divided into experimental group (VR teaching) and control group (traditional teaching), and both groups were taught and trained for the same credit hours. Theory assessment, skill assessment, and a questionnaire survey were performed to assess the effect of teaching, and SPSS 26.0 was used to perform the chi-square test and the t-test. **Results**　Compared with the control group, the experimental group had significantly better theoretical assessment score [(88.50 ± 4.32) vs. (84.75 ± 3.78), t=2.92, P=0.006] and skill assessment score [(90.80 ± 3.35) vs. (86.85 ± 4.51), t=3.14, P=0.003]. The results of the questionnaire survey showed that for the 10 items involved, the experimental group had a significantly higher degree of satisfaction than the control group (P<0.05). **Conclusions**　Compared with traditional teaching methods, immersive

teaching provided by VR technology has a better teaching effect in the training of first-aid theoretical knowledge and operation skills among students and significantly improves the learning interest and participation of students. Therefore, it has an important application value in the battlefield first-aid training of combat maxillofacial trauma.

【**Key words**】 Virtual reality technology; Combat maxillofacial trauma; Battlefield first-aid; Military medical education

Fund program: Special Project for the Prevention and Treatment of Military Training Injuries (21XLS12)

DOI: 10.3760/cma.j.cn116021-20250511-02305

颌面部易暴露、难防护，一直以来都是平时伤和战创伤的高发区域[1-2]。据统计，在俄乌战争造成的战创伤中，颌面部战损伤所占比例已超过34%[3]，位居全身伤首位。然而，在我国目前的战创伤急救技能培训中，仍主要采用理论教学与实际操作相结合的传统方式，缺乏实战氛围，伤情模拟性差，培训效果已无法满足现代教学培训需求[4]。

虚拟现实（virtual reality，VR）是一种基于计算机技术构建的高级模拟系统，通过有机整合高分辨率立体投影技术、三维计算机图形学和音频技术，构建出一个完全沉浸且高度真实的虚拟环境，且学习内容的动态反馈设计可进一步增加操作沉浸感，在规范操作流程及应对复杂场景等能力的提升上具有巨大优势，被广泛应用于临床教学中[5-7]。颌面战创伤的高发生率与救治复杂性对军事医学教育提出了严峻挑战，而虚拟现实技术能够以较低的成本融合视听效果模拟实战场景，通过人机交互反馈来提高教学效果。这种沉浸式体验使得学员能够获得与真实战场救治相似的体验，从而突破了传统教学场地和病例资源的限制，通过反复的沉浸式练习显著提升实战化训练效果[8]。目前，国外军队已成功将该技术应用于战创伤救治训练，而我军仍处于探索和初步应用阶段[9]，实际教学效果尚待评估。

本研究团队基于VR技术自主研发的颌面战创伤急救培训系统，聚焦战场颌面部创伤救治核心技能，创新构建了六大模块化训练体系，包括口咽管/鼻咽管置入、环甲膜穿刺、颌面部包扎止血、头颈损伤转运、气管切开及颌面战创伤综合救治技术模块[10]。学员可通过自主选择训练模块，在高度仿真的虚拟战场环境中进行反复学习和操作训练，从而帮助学员快速适应战场环境、系统提升颌面部伤情评估能力、规范掌握战创伤急救技术操作流程。为科学验证该VR培训系统的教学成效，本研究拟从理论知识掌握度、操作技能熟练度和主观学习体验等多维度出发，全面评估该系统在军事医学本科教学中的应用价值。

1　对象与方法

1.1　研究对象

以2024年秋学期在某医院颌面外科接受颌面战创伤急救学习训练的40名本科学员为研究对象。已获得所有研究对象的知情同意并签署协议禁止跨组交流。在本研究开始之前，所有学员均已完成颌面部基础理论的学习，并进行了基础知识的入组考试（满分100）。

1.2　研究方法

本研究符合《赫尔辛基宣言》中的医学研究伦理原则，采用随机对照试验的方法进行。采用随机数法，将参与学员平均分为两组，试验组（20人）采用VR系统训练，对照组（20人）采用理论教学与实际操作相结合的方式训练。2组学员的理论教学时间和操作训练时间均为4学时。为确保教学质量，授课教师均为副教授及以上职称。

1.3　教学方法

1.3.1　课前讲解

对照组采用传统多媒体教学方式。教师使用PPT课件（包含静态图片、解剖示意图、流程图及少量短视频），集中讲授颌面战创伤的常见类型、病理生理特点、关键解剖结构（强调如环甲膜定位）、急救原则、各模块（口咽/鼻咽管置入、环甲膜穿刺、包扎止血、转运、气管切开、综合救治）的操作流程、步骤要点及注意事项。学员以听讲、观看和记笔记为主，可进行提问。

试验组在VR实训室进行。学员佩戴VR头显设备，教师通过教师控制端启动并引导“颌面战创伤急救VR教学系统”的三维解剖教学模块和标准化流程演示模块。其中三维解剖教学模块，由教师操控系统，在虚拟空间中立体展示颌面部相关解剖结构（如气管、环甲膜、主要血管神经束），可进行旋转、缩放、分层剥离（如皮肤、肌肉、血管、骨骼），重点讲解伤情相关的解剖标志和毗邻关系（如环甲膜定位、气管位置深度）。教师同步进行语音讲解。随后教师选择特定伤情模块（如“环甲膜穿刺”），系

统播放由虚拟教员在高度仿真的虚拟战场场景中完整演示标准操作流程(从伤情评估、准备、操作步骤到后续处理)。演示过程中,教师可随时暂停、慢放、切换视角(如第一人称、第三人称、内部解剖视角),并针对关键步骤(如穿刺点定位、进针角度深度)进行重点讲解和强调。学员主要通过观察和听讲学习,可在 VR 环境中跟随视角变化主动探索,教师解答学员疑问。

1.3.2　操作演示带教

对照组在技能实训室进行。教师利用静态人体模型和部分简易模拟器具(如环甲膜穿刺训练器、气管切开模型、纱布绷带等)进行实际操作示教。教师按顺序(如先包扎止血、后环甲膜穿刺、再气管切开)在模型上逐一演示各急救技术的操作步骤、手法、力度及注意事项。教师演示后,学员 2~3 人一组,轮流在模型上进行操作练习。教师在旁观察、指导、纠正错误动作(如包扎松紧度、穿刺角度错误)。学员主要依赖视觉观察教师动作和在模型上的触觉反馈进行模仿练习。

试验组在 VR 实训室进行。学员佩戴 VR 头显和交互手柄。教师首先指导学员熟悉 VR 系统界面、菜单导航、手柄功能(如抓取、旋转、移动虚拟器械)及基本交互操作(约 15 min)。随后进行沉浸式模块化训练:学员根据教师安排或自主选择,进入 VR 技能训练模块的特定场景(如战地帐篷环甲膜穿刺、城市废墟颌面包扎)。系统提供标准化操作引导(如步骤提示、目标区域高亮)和实时交互反馈。学员使用虚拟手柄"抓取"虚拟器械(如穿刺针、气管导管、纱布),在虚拟伤员身上进行完整操作。系统通过空间定位和预设算法实时判断操作的正确性(如穿刺点准确性、器械路径、操作顺序)。系统提供即时视觉提示(如正确操作显示绿色轨迹/标记,错误操作显示红色警告)、语音提示(如"角度偏斜,请调整")及物理手柄震动反馈(模拟触感,如穿刺突破感)。学员可根据系统反馈即时调整操作。系统允许无限次重复练习同一模块,直到学员熟练掌握。教师可通过教师控制端实时监控所有学员的操作状态、进度和系统评分,并可在学员请求或发现普遍问题时,进行 VR 内协同指导(如教师化身进入学员 VR 场景进行示范)或暂停全体进行集中讲解(图 1、图 2)。

1.4　效果评价

1.4.1　理论知识考核

在课程结束后,由授课教师组成的考核小组,

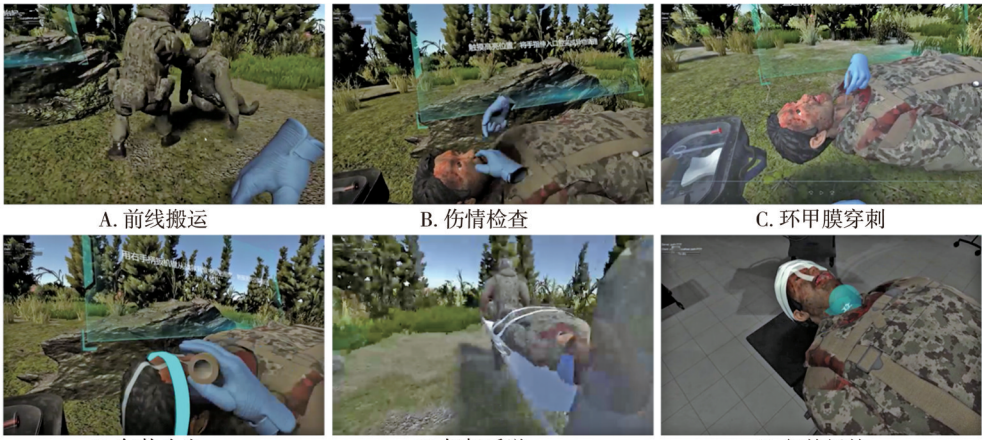


图 1　VR 系统训练场景示例



图 2　学员操作实景

专门对2组学员进行理论知识考核。采用闭卷考试的形式，考察学员对颌面部战创伤相关的解剖特征、临床表现、急救流程、操作要点等重要知识的掌握程度，试题满分100。随后教师进行匿名阅卷。

1.4.2 操作技能考核

由实习带教教师组成考核小组，对学员进行操作技能考核。对照组采用传统方式进行考核。试验组学员由教师通过专用终端选择场景、任务及特定条件，进而生成相应的考核任务，由学员在VR端进行相关训练，教师进行考核评分，评分教师不参与前期教学，且通过编号隐去学员分组信息，确保评分盲法。

1.4.3 问卷调查

问卷调查的内容包括：①是否喜欢该授课方式；②是否能够提升学习兴趣；③是否能够提升学习效率；④是否能够增强实践操作技能；⑤是否有助于对理论知识的理解和记忆⑥教学内容是否全面；⑦教学时间安排是否合理；⑧教学形式是否新颖独特；⑨是否有助于课堂互动交流；⑩对形成性考核是否满意。每一项评分的标准为1、2、3、4分，其中1分代表“不满意”，2分代表“一般”，3分代表为“满意”，4分代表“非常满意”。

1.5 统计学方法

使用SPSS 26.0软件对数据进行统计分析。符合正态分布的计量资料以均数 ± 标准差表示，采用两独立样本 t 检验进行组间比较；计数资料以例数或百分比的形式进行表示，使用卡方检验进行组间比较。以 α=0.05为检验水准。

2 结果

2.1 一般资料对比

2组学员在性别、年龄及入组成绩等方面差异无统计学意义（表1）。

表1 2组学员一般资料比较

项目	性别[例(%)]		年龄（岁，$\bar{x}\pm s$）	入组成绩（分，$\bar{x}\pm s$）
	男	女		
试验组	11(55.00)	9(45.00)	21.10 ± 0.79	83.70 ± 4.16
对照组	10(50.00)	10(50.00)	21.20 ± 0.70	84.55 ± 4.76
t/χ^2值	0.10		0.43	0.60
P值	0.752		0.673	0.551

2.2 考核成绩比较

学员在理论知识方面和操作技能方面的得分均有提升，2项成绩的组间差异均具有统计学意义（表2）。进一步分析学员的得分项和扣分点发现，试验组的学员在颌面部战创伤的分类检查、急救处理、注意事项、操作细节等方面的掌握更为扎实，显示出更好的学习效果。

表2 2组学员考核成绩比较（分，$\bar{x}\pm s$）

项目	理论知识考核	操作技能考核
试验组	88.50 ± 4.32	90.80 ± 3.35
对照组	84.75 ± 3.78	86.85 ± 4.51
t值	2.92	3.14
P值	0.006	0.003

2.3 问卷调查结果

向学员发放40份课程满意度调查问卷，成功回收有效问卷40份，有效问卷回收率为100%。统计分析2组学员的问卷评分后发现，在本研究涉及的10个调查条目中，试验组学员的满意度均高于对照组，且2组之间的差异具有统计学意义（表3）。

表3 2组学员教学满意度评分比较（分，$\bar{x}\pm s$）

调查内容	试验组	对照组	t值	P值
是否喜欢该授课方式	3.75 ± 0.44	3.10 ± 0.45	4.61	<0.001
是否提高学习兴趣	3.65 ± 0.49	2.70 ± 0.73	4.82	<0.001
是否能够提升学习效率	3.60 ± 0.68	2.95 ± 0.76	2.85	0.007
是否有助于对理论知识的记忆	3.80 ± 0.41	2.75 ± 0.79	5.29	<0.001
是否有助于对实践技能的理解	3.60 ± 0.50	2.90 ± 0.72	3.57	0.001
是否有助于理论与实践的结合	3.85 ± 0.37	3.15 ± 0.67	2.69	0.01
教学内容是否全面	3.60 ± 0.50	2.90 ± 0.72	3.57	0.001
教学时间安排是否合理	3.90 ± 0.31	2.75 ± 0.55	8.16	<0.001
是否有助于课堂互动交流	3.75 ± 0.44	2.85 ± 0.75	4.69	<0.001
对形成性考核是否满意	3.70 ± 0.47	3.15 ± 0.67	3.00	0.005

3 讨论

3.1 VR教学提升知识掌握与操作技能的效率优势

本研究中，采用VR系统教学的试验组理论考核成绩高于采用传统方法的对照组，表明VR技术通过提供三维解剖可视化，有效提升了学生的知识吸收效率。相比之下，传统教学主要依赖二维图像，这在帮助学生建立立体空间认知方面存在一定局限性，导致学生在掌握颌面解剖特征等核心知识点（如环甲膜的定位）时表现出明显差异。因此，基于VR的教学方法在提升学生对复杂解剖结构的理解和记忆方面显示出更显著的优势。另外，试验组的操作技能成绩明显优于对照组，表明VR教学在提升学员操作技能方面具有显著优势，尤其体现在急救流程规范（如气管切开步骤）和复杂场景应对能力。传统示教方法通常依赖静态实体模型进行教学，在模拟战场等动态压力环境中存在明显局限，导致学员在处理真实伤情判断，特别是在爆炸

伤分级等关键技能掌握方面表现不足。因此，采用VR技术进行教学不仅能提供更真实的模拟环境，还能有效提升学员在高压条件下的应变能力和操作技能，为其未来在战场上的实际应用奠定基础。

3.2 VR系统的技术设计优势及其教学价值

基于VR技术的颌面战创伤急救培训系统采用先进的三维建模技术，成功构建了6个模块化场景。这些场景不仅包括令人震撼的爆炸特效，还模拟了伤员呻吟声等多达128项环境参数，极大丰富了学习体验。与传统教学方式仅依赖静态图片或视频展示信息相比，VR系统显著提升了信息的维度和深度。此外，VR系统的动态交互设计使学员在进行“口咽管置入”等复杂操作时，能够从多个角度细致观察器械路径，从而使操作的可视性提高。学员不仅能够直观地理解每个步骤，还能在模拟环境中反复练习，从而更有效地掌握技能。因此，这种沉浸式学习体验无疑为军事医学教育带来了显著的革新。另外，VR系统内置的207个传感器节点犹如“无形之眼”，能够实时监测和捕捉操作过程中的微小偏差。例如，当穿刺角度误差超过5°时，系统会立即发出警报，提醒操作学员及时调整。这种高效的监测机制相比传统人工观察，显著提高了纠错效率，达到了80.00%。同时，系统运用先进的人工智能算法，为每位学员量身定制个性化训练方案，特别是在“颌面包扎止血”等关键环节，提供针对性的强化训练。这种精准的训练方式显著提高了学员的训练效率，有助于他们更快、更稳地掌握技能，迈向专业水平。

3.3 VR培训模式的应用可行性分析

首先，初期设备投入（包括VR头显及系统）的人均成本约为1.2万元，但设备可重复使用超过5年，与传统教学方法所需的年度耗材成本（如模拟人损耗和教具更新）相比，成本可降低高达63.00%。其次，每台设备每年可支持约200人次培训，显著提高场地利用率，提升幅度达400%。该培训系统特别适用于基层部队的轮训，有助于提高培训效率和资源利用率。再次，VR技术的应用使高风险操作（如环甲膜穿刺）能在无损伤环境中进行训练。相比传统实体模型训练，此技术显著降低了医疗风险，风险降低率达100.00%。最后，该系统还支持在一天内完成6种不同伤情的完整救治流程训练，与传统的分项训练相比，训练周期可缩短75.00%。这种高效的训练模式为学员提供了一个安全且有效的学习平台，从而提升其应对突发颌面部战创伤的救治能力。

3.4 现代军事医学教育中应用VR技术的必要性

VR技术的应用有效突破了传统培训模式对实体场地和模拟设备的依赖，通过数字建模实现了“多场景一体化”的训练模式，能够在同一系统中快速切换不同的训练环境，如城市巷战和野外战场等多种场景。此外，该系统具备快速迭代新型战伤模块的能力，可新增现代战争中常见的伤情类型，如化学烧伤、爆炸冲击伤和无人机碎片伤等。这不仅显著降低了物资消耗成本，还通过远程协作功能，使不同地区的官兵能够同步训练，从而提升卫勤资源的区域覆盖效率。这些变化表明，现代战争对卫勤的需求不断演变，而VR技术的应用为满足这一需求提供了新的解决方案，开辟了军事培训和战场准备的新方向。另外，本研究中的问卷调查结果显示，试验组在十项满意度指标上的得分均高于对照组（P值均<0.05）。其中，在“课堂互动交流”指标上，试验组得分高于对照组，显示VR技术在促进课堂互动方面具有优势。在“理论与实践结合”指标上，试验组得分高于对照组，两者差异具有统计学意义。这些结果充分体现了未来战场对“即训即用”人才培养的迫切需求。这些数据不仅验证了VR技术在教育和训练领域变革的必要性，还强调了采用新技术以提升学习效果的重要性，具有推广和深化研究的价值。

3.5 系统存在的不足与未来优化方向

3.5.1 触觉反馈不足

该VR系统目前主要依赖于视觉和听觉的模拟效果，然而在触觉反馈方面却显得相对不足，尤其是在器械操作时缺乏细腻的触觉体验，比如操作时的阻力感和按压力度的反馈。这种不足直接影响了操作的真实感以及肌肉记忆的训练效果，使得学员在进行实际操作时可能无法完全适应。因此，建议对物理交互的真实感进行提升，如配备集成力反馈的手套、触觉传感器等先进设备，并结合动态触觉算法，以精准模拟关键操作过程中的阻力和力度反馈，特别是在气管切开等复杂操作时，确保学员能够获得更为真实的体验，从而更好地掌握技能，提高训练的有效性和安全性。

3.5.2 用户交互复杂度高

该系统的操作界面设计对于那些技术背景相对薄弱的基层卫勤人员来说，显得并不够友好。复杂的操作流程不仅让其感到困惑，还可能显著降低他们的训练效率，进而影响到整体训练的顺利进行。因此，建议对交互设计进行简化，以提升用户体验。可以考虑引入语音引导和手势识别等先进功能，使学员在操作时能够更加直观和便捷。此外，设置分级操作模式亦是有效的方案，例如可以设计新手引导模式，帮助初学者逐步掌握基本操

作，同时也提供专家速通模式，以便于技术熟练的用户快速完成任务。这样的设计将能够更好地适应不同学员的技术水平，从而提升整体的培训效率和满意度。

3.5.3 网络依赖性强

该系统的远程协同与考核功能在运行时需要稳定的网络支持，这是其正常运作的基础。然而，在战场等极端恶劣的环境中，网络条件往往难以得到保障，这直接影响了系统的实用性和有效性，建议采取一系列措施来强化其离线和低带宽的支持能力。首先，可以考虑开发单机版本，以增强系统的灵活性，使其在网络不稳定或完全无法连接的情况下依然能够独立运行。此外，优化本地数据存储和边缘计算能力，减少对网络的依赖，确保数据处理的及时性和准确性。同时，建议对数据传输量进行压缩，提高数据传输的效率，确保在带宽受限的情况下，系统依然能够顺畅地进行信息交流和协作。通过这些措施，系统将能够在各种复杂和困难的环境中保持其高效性和可靠性。

3.5.4 多人协同技术瓶颈

在多用户同时进行操作的情况下，常常会出现数据延迟或冲突的问题，这不仅影响信息的实时性，还使得协作的过程变得不够顺畅，给团队的训练效率带来了困扰。建议构建精细化智能评分系统，优化协同技术架构，并且进一步升级分布式系统框架，提升系统的整体性能。此外，还应当采用低延迟的通信协议，以确保信息能够迅速传递，减少因延迟而导致的协作障碍。同时，还应增加冲突检测与自动修正机制，以进一步增强系统的稳定性，确保在多人操作时能够实现数据的同步性与一致性，从而提升团队协作的流畅度和效率。

3.5.5 长期效果缺乏验证

目前，针对学员在实际战场救治中的成功率，缺乏系统的追踪数据，使得无法有效量化培训系统在提升学员实战能力方面的具体效果。因此，亟需建立长期效果评估体系，以便对学员的表现进行全面而深入的分析。因此，建议与多所军事医学院校合作，开展对照实验，系统地比较借助 VR 技术的培训与传统训练在战场救治成功率方面的差异，更清晰地了解不同培训方法的有效性和优劣。此外，还应构建数据库，以便长期追踪学员的表现，为后续的研究提供重要的数据支持，并为我们在培训过程中进行基于错误模式的分析与迭代优化提供依据。

4 结语

基于 VR 技术的颌面战创伤急救培训系统通过环境仿真、风险控制、数据驱动和资源优化，为颌面战创伤急救培训提供了“安全—真实—高效”三位一体的解决方案。不仅在于技术层面的突破，更在于通过贴近实战的训练模式，系统性提升官兵的救治技能、心理素质与战场适应性，为现代战争卫勤保障能力的升级提供了关键支撑。通过技术升级与功能迭代，该系统可在交互真实性、场景灵活性、用户友好性及实战效果验证等方面实现显著提升，为现代战争中的颌面战创伤急救培训提供更高效、更贴近实战的解决方案。通过不断地优化，我们希望能够提升培训系统的整体效率，从而更好地为学员的实战能力提升服务，在跨军种协同训练中实现更大突破。

利益冲突　所有作者声明不存在利益冲突

作者贡献声明　佘建祯、孔海涛：选题设计、收集资料、撰写论文；许浩坤、田磊、孔亮：教学实施、问卷设计、资料收集；蔡卜磊：提供研究建议、审订论文

参考文献

[1] 闫舰飞，李刚，陈活良，等. 军队人员颌面外伤的发病现状及防治策略[J]. 西南军医，2018，20(4)：428-430. DOI: 10.3969/j.issn.1672-7193.2018.04.009.

[2] 赵晓燕. 口腔颌面部损伤急诊急救知多少[J]. 家庭生活指南，2023，39(7)：97-98.

[3] Isomjon M . The bariatric patient: basic aspects preparation for surgical treatment of obesity and conducting after it. [J]. Texas Journal of Medical Science, 2024, 39: 88-92. DOI: 10.62480/tjms.2024.vol39.pp88-92.

[4] 朱成杰，佟智颖，袁佳莹，等. 沉浸式教学法在基层部队兼职卫生战士战创伤急救训练中的应用[J]. 卫生职业教育，2023，41(4)：69-72. DOI: 10.20037/j.issn.1671-1246.2023.04.21.

[5] 郑超，马济远，张国恒，等. 虚拟现实技术在医学生眼外伤教学中的应用研究[J]. 国际眼科杂志，2024，24(10)：1645-1649. DOI: 10.3980/j.issn.1672-5123.2024.10.23.

[6] 胡凯峰，许力，夏亚斌，等. 腹腔镜胆囊切除术虚拟仿真教学项目在普外科实验教学中的应用[J]. 齐齐哈尔医学院学报，2020，41(14)：1815-1817. DOI: 10.3969/j.issn.1002-1256.2020.14.040.

[7] 王曜晖，周万津，李春鸣，等. 虚拟仿真实验教学项目在临床医学等专业学生培养中的应用[J]. 医学教育管理，2020，6(5)：483-486. DOI: 10.3969/j.issn.2096-045X.2020.05.014.

[8] 力光瑞，高野，庞亚南，等. 虚拟现实技术在军事医学领域中的应用[J]. 解放军医学杂志，2023，48(8)：978-982. DOI: 10.11855/j.issn.0577-7402.2942.2022.0906.

[9] 邹思力，职康康，吴鉴今，等. 虚拟现实技术在血管战创伤救治训练中的应用[J]. 解放军医院管理杂志，2019，26(5)：415-417. DOI: 10.16770/J.cnki.1008-9985.2019.05.005.

[10] 蔡卜磊，张于凡，杨璐颖，等. 现代战争背景下VR颌面战创伤急救培训系统的开发与运用[J]. 空军军医大学学报，2023，44(9)：834-838，843. DOI: 10.13276/j.issn.2097-1656.2023.09.008.

（收稿日期：2025-05-11）

（本文编辑：唐宗顺）