

· 述评 ·

# 虚拟现实技术在灾害救援培训中的应用与思考

廉惠欣 娄靖 张进军

通信作者: 张进军, Email: zhang92560@163.com

基金项目: 北京市重点研发计划 (Z191100004419003)

DOI: 10.3760/cma.j.issn.1671-0282.2019.11.001

灾害是世界各地需要共同面临的严重问题, 据联合国《2019 年全球灾害风险评估报告》显示, 全球平均每年约有 440 万人受灾<sup>[1]</sup>。由于灾害随时可能在任何地区发生, 这使得灾前准备工作成为整个救灾过程的重要组成部分之一, 而有效的培训则是防灾减灾工作的重要基石<sup>[2]</sup>。灾害救援培训与演练被公认为是防灾减灾救灾的重要途径和手段。

## 1 灾害救援培训的现状与问题

目前, 灾害救援培训的方式主要有: 实战模拟演习、课堂讲解为主的指导性教学、基于计算机网络的远程培训、和基于情景的桌面推演练习等四种, 但都有其优缺点。实战演练能给受训人员带来较为真实的救灾体验, 但它需要大型场地保障, 训练准备周期长<sup>[3]</sup>; 需要多机构的众多人员协同参与, 演练组织协调难度大, 并需要耗费大量的时间、人力和物力; 灾害的仿真通常难以控制, 具有极高的危险性, 易对演练人员造成伤害<sup>[4]</sup>, 而可控的灾害仿真又往往达不到实战化演练的要求; 实战演习的可重复性较差<sup>[5]</sup>, 但不同的灾害具有不同的特点, 同一灾害在不同情形下也有不同的演进过程, 需要反复的演练才能达到效果, 两者存在矛盾。以课堂讲解为主的指导性教学、基于计算机网络的远程培训和基于情景的桌面练习等方式, 都缺乏与真实灾害救援的相似性, 灾害复杂的真实性场景难以重现, 无法让受训者获得真实的体验; 此外, 这些培训模式大多按照教学大纲进行, 由培训老师单纯讲授培训内容或结合观看视频等教学方式, 往往容易脱离现实。而学生对于知识的掌握也多为机械性记忆, 部分关键性细节往往被忽视<sup>[6]</sup>。随着新型技术尤其是虚拟现实技术 (virtual reality, VR) 的发展, 越来越多的学者尝试将其引入灾害救援培训体系中, 发展新型的灾害救援培训模式。

## 2 虚拟现实技术及其优势

VR 是一种可以创建和体验虚拟世界的计算机仿真技术, 它在计算机空间中生成与现实世界相似的虚拟环境, 在虚拟环境中可重构虚拟对象、虚拟事件、虚拟过程等, 并允许使用者与虚拟环境发生各种交互。随着技术的演进, VR 发展成“沉浸式”虚拟现实系统, 通过佩戴头盔等设备, 将用户与现实世界隔离, 同时通过将用户的视线变换与虚拟场景内容的变换高度一致, 并允许用户以自然的交互方式, 如抓取、目视、手势、动作等与虚拟对象发生交互, 继而获得与现实体验高度相似的、“身临其境”的感觉。

沉浸式虚拟现实技术具有以下优点: (1)逼真和高沉浸感。在沉浸式虚拟现实, 实现了视线变换与场景内容的高度统一, 可以获得与现实世界中高度相似的身临其境的感觉, 也可以获得与现实世界中高度相似的情绪和心理认知。正是由于这种相似性基础, 虚拟世界中获取的体验和经验可应用于现实世界。(2)安全和高可控性。虚拟世界中重构的事件与现实世界隔离, 虚拟事件的发生、发展和演进、对事件的交互和操作, 不会影响到现实的人、事、物; 与此同时, 包括虚拟事件在内的虚拟世界的演进及其交互过程均有相关规则严格控制, 因此, 虚拟现实系统具有安全性和高可控性, 这对危险或存在伦理、道义等问题的事件重构及应急处置培训具有天然的优势。(3)具有可重复性。基于虚拟现实系统, 可重复展示虚拟事件和虚拟过程, 虚拟现实系统的可重复使用性, 这对需要高成本投入的应急培训具有较高的性价比优势; 同时, 虚拟现实系统可反复重现小概率事件, 这对于现实世界中小概率应急事件的培训具有优势。(4)时空切换便利性。可迅速从

一个虚拟场景切换到另一个虚拟场景,节省了现实培训时因空间位移产生的时间、交通等费用。(5)友好的人机交互。沉浸式虚拟现实系统,可采用手势、姿态、动作等手段与虚拟对象、虚拟事件等进行交互,交互方式自然。(6)可复制。支持以复制的形式快速被许多使用者体验。

因此,虚拟现实、尤其是沉浸式虚拟现实与灾害应急救援培训方面具有结合的优势,可以弥补现实灾害应急救援培训的不足,越来越多的学者也将将其引入灾害应急培训的建设中来。

### 3 虚拟现实技术在灾害救援培训中的应用

VR 在灾害救援培训中的交互性使得其可以针对特定的用户或组织进行量身定制,通过模块选择,针对不同场景下的不同人员进行单独培训,可以完成复杂救援环境下的多部门协调救援演练和群众自救演练<sup>[6]</sup>。VR 技术早在 2006 年就被用于我国地震应急救援演练中,其应用主要包括:面向应急救援管理人员的应急救援虚拟仿真训练系统、面向救援人员的地震现场救援演练系统,以及面向公众的地震应急避险逃生游戏等三个方面<sup>[7]</sup>。

#### 3.1 针对灾害救援指挥管理人员的虚拟培训应用

针对应急救援管理人员,基于 VR 的演习可以让管理层检验应急预案的有效性,并可以根据演习内容实时评估培训人员的表现,提供及时指导。VR 应用程序的培训场景和培训过程(如时间、关键动作元素及视频数据等)均可被记录下来,用于灾害救援应急响应的后期分析,总结演习中的经验教训,并制定必要的纠正措施<sup>[6]</sup>。通过使用控制面板,可以切换至整个演习过程中的任意时间点,为小组讨论和分析提供便利。VR 技术还可以保证跨地域组织演习的一致性,譬如,可以保证以自然灾害(如飓风、海啸、地震等)为主的、涉及多个地区/多个应急救援组织的统一指挥,及灾害救援应急响应的一致性<sup>[8]</sup>。VR 应用程序的培训场景可以模拟各种地区、各种类型的住宅和城市环境,这对于现实演习的前期组织与协调而言非常具有挑战性,例如,实施恐怖事件演习而清空几个城市街区,需要考虑相当多的后勤保障因素;相比之下,VR 程序可以逼真地模拟这些复杂的场景而无需对实际环境产生任何影响<sup>[9]</sup>。

#### 3.2 针对灾害救援人员的虚拟培训应用

针对救援人员,VR 技术不仅可以逼真地还原

应急场景、应急过程与虚拟人物,还可以对救援人员的操作做出反应并提供即时反馈。例如,基于简单的检伤分类和快速治疗(simple triage and rapid treatment, START)的技能培训方案可以立即确定患者是否经过正确评估,继而向受训人员提供反馈<sup>[10]</sup>。基于 VR 的应用程序还为救援人员提供了一个平台,使他们能在以任务为中心的场景中通过文本或语音通信进行互动,包括与虚拟患者或救援人员进行对话、与虚拟环境组件(如医疗干预措施、设备使用、数据面板设置、转运及运输设备选择和其他灾害应急响应功能等)进行交互等<sup>[11]</sup>。

#### 3.3 针对社会公众的虚拟培训应用

针对社会公众,基于 VR 的应用程序可以模拟出各种灾害场景,可以选择适合自己的节奏、随时随地进行培训,辅助公众掌握灾难发生时的快速疏散、自救及逃生技能<sup>[12]</sup>,以便在灾难发生时能够自救,也使得灾害救援人员能够专注救助那些最需要帮助的人<sup>[13]</sup>,有效降低灾害的损失。

### 4 对未来虚拟应急培训体系建设的思考

虚拟应急救援培训的基础是受训者获得真实的体验,鉴于沉浸式虚拟现实在虚拟体验和虚拟感知方面的优势,笔者建议在未来加强沉浸式应急培训体系的建设。

#### 4.1 沉浸式虚拟应急救援培训体系的逻辑组成

沉浸式虚拟应急救援培训体系的逻辑组成如图 1 所示,其中教育培训理论和虚拟认知理论是该体系的理论基础,可以选择经典的教育理论(如建构主义理论)或新发展的教育理论,指导应急救援

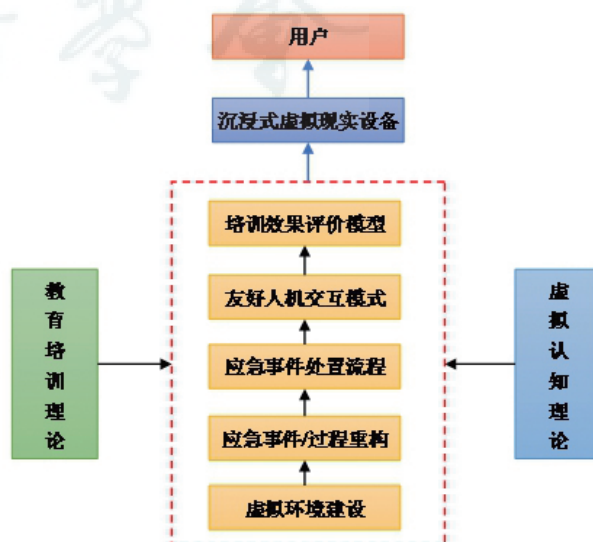


图 1 虚拟应急培训体系的逻辑组成

培训体系的设计;同时,在虚拟认知理论的基础上,确保沉浸式虚拟应急救援场景的构建、交互过程与现实过程的相似性,以获取逼真、正确的体验。虚拟应急培训体系构建的逻辑组成:(1)虚拟环境建设。确定整个虚拟培训的背景环境,交待虚拟事件发生的环境信息,容纳并限制虚拟事件的边界;(2)应急事件/过程重构。这是整个应急救援培训体系的核心,是在虚拟地理环境的范围内,逼真地重构应急事件的发生、发展过程,以及对周围环境、周围人群等的影响,同时响应受训者的处置交互;(3)应急事件处置流程与人机交互模式。通过自然、友好的人机交互方式,在虚拟空间中处置应急事件,影响应急事件的发展进程,得到最终的处置结果;(4)培训效果评价与反馈。设计效果评价模型,根据对应急事件的处置过程和处置结果,对受训者进行评价;(5)沉浸式虚拟现实设备。是沉浸式虚拟应急培训过程显示、体验和交互的硬件基础(包括虚拟现实头盔、交互设备等),是沉浸式虚拟培训系统的入口和出口;(6)使用者。使用者是沉浸式虚拟应急培训系统的最终用户,可以是单一使用者,也可以是团队协作的使用者。

#### 4.2 需要着重研究的问题

需要说明是,沉浸式虚拟应急培训不是要替代现实训练,而是作为现实训练的一种有益的、重要的补充,尤其对那些很难在真实环境里重现的应急事件的训练更为有效。与此同时,沉浸式虚拟应急培训也存在一些问题需要进一步研究和探讨,主要包括:(1)前期的研发费用较高。沉浸式虚拟应急培训系统需要制作大量逼真的三维场景、设计场景中的各种交互逻辑、定义场景对象的事件响应等,这需要在前期投入较大费用,需要较长的时间。如何在较低费用下实现三维场景的快速建模是值得研究的问题;(2)应急事件重构的门槛较高。应急事件及其时空发展过程的重构需要以系统动力学模型(如爆炸、倒塌)、时空传播模型(如疾病传播与感染)、人群行为模型(如应急疏散)等为基础,需要专业知识的深度介入;(3)虚拟体验的相似性及定量评价。虚拟培训的基础是逼真的体验,如何定量(而非定性)地对虚拟世界与现实世界的相似性进行评价,并基于评价结果,改进或优化虚拟应急培训系统,是推动沉浸式虚拟应急培训模式不断发展的重要途径;(4)受训者应急情绪的营造。“安全”是虚拟应急培训模式的优势,但同时会造成受训者较难产生

紧张情绪,因此,采取何种措施、快速激发受训者的情绪,尤其是面向应急事件时的紧张、恐慌情绪,继而激发受训者的应激行为,是虚拟应急培训系统取得成效的重要基础;(5)沉浸式虚拟现实的技术不够完善。目前的虚拟现实技术主要集中在对视觉和听觉的还原,而对其他感觉如触觉、味觉等的还原方式尚不够完备,此外,在高速运动场景中容易产生晕眩感、多用户大空间的协作等也存在困难。但无论如何,将沉浸式虚拟现实引入灾害应急培训将是重要的发展方向,同时,随着虚拟现实技术的进一步发展,沉浸式虚拟应急培训在防灾、减灾方面的贡献值得期待,其应用也有广阔的前景。

## 5 结语

与其他传统培训形式相比,基于虚拟现实技术尤其是沉浸式虚拟现实技术的备灾和救灾培训的出现表现出了潜在的优势,并正在得到越来越多的关注。沉浸式虚拟培训和训练应用程序的沉浸性和交互性为培训提供了一种独特的真实感,这种真实感是基于课堂、计算机网络模式和桌面推演练习的培训所缺少的;而与实战演习相比,它也具有相当大的成本优势。因此,无论是单独进行的培训,还是与其他培训形式相结合,基于虚拟现实技术、尤其是沉浸式虚拟现实技术的灾害预防和应急响应培训,都是未来的重要发展方向之一。

#### 参 考 文 献

- [1] Global assessment report on disaster risk reduction 2019 [M]. UNDRR(GAR 2019), 2019.
- [2] Rüter A, Kurland L, Gryth D, et al. Evaluation of disaster preparedness based on simulation exercises: A comparison of two models[J]. Disaster Med Public Health Prep, 2016, 10(4): 544-548. DOI:10.1017/dmp.2015.176.
- [3] 孙秀明. 灾害救援演练新视界: 虚拟现实[J]. 中华灾害救援医学, 2018, 6(2): 54.
- [4] Farra S, Miller E, Timm N, et al. Improved training for disasters using 3-D virtual reality simulation[J]. West J Nurs Res, 2013, 35(5): 655-671. DOI:10.1177/0193945912471735.
- [5] McFadden P, Crim A. Comparison of the effectiveness of interactive didactic lecture versus online simulation-based CME programs directed at improving the diagnostic capabilities of primary care practitioners[J]. J Continuing Educ Health Prof, 2016, 36(1): 32-37. DOI:10.1097/ceh.0000000000000061.
- [6] Farra SL, Miller ET, Hodgson E. Virtual reality disaster training:

- Translation to practice[J]. Nurse Educ Pract, 2015, 15(1): 53-57. DOI:10.1016/j.nepr.2013.08.017.
- [7] 孙秀明, 安丽娜, 彭碧波. 虚拟现实技术在灾害救援演练中的应用价值[J]. 中华灾害救援医学, 2017, 5(10): 584-586. DOI:10.13919/j.issn.2095-6274.2017.10.012.
- [8] Pucher PH, Batrick N, Taylor D, et al. Virtual-world hospital simulation for real-world disaster response[J]. J Trauma Acute Care Surg, 2014, 77(2): 315-321. DOI:10.1097/ta.0000000000000308.
- [9] Andreatta PB, Maslowski E, Petty S, et al. Virtual reality triage training provides a viable solution for disaster-preparedness[J]. Acad Emerg Med, 2010, 17(8): 870-876. DOI:10.1111/j.1553-2712.2010.00728.x.
- [10] Jain TN, Ragazzoni L, Stryhn H, et al. Comparison of the Sacco triage method versus START triage using a virtual reality scenario in advance care paramedic students[J]. CJEM, 2016, 18(4): 288-292. DOI:10.1017/cem.2015.102.
- [11] Ragazzoni L, Ingrassia PL, Echeverri L, et al. Virtual reality simulation training for Ebola deployment[J]. Disaster Med Public Health Prep, 2015, 9(5): 543-546. DOI:10.1017/dmp.2015.36.
- [12] 王缘, 余日季. 一种基于虚拟现实的气象灾害逃生演练系统构建[J]. 软件导刊, 2019, 18(8): 88-91.
- [13] 王进. 虚拟现实技术在人员疏散中的应用研究[J]. 中国科技纵横, 2011(7): 286-287. DOI:10.3969/j.issn.1671-2064.2011.07.201.

(收稿日期: 2019-09-28)

(本文编辑: 郑辛甜)

## 强化血液净化治疗中毒: 过犹不及

李国强

中国人民武装警察部队特色医学中心, 天津 300162

基金项目: 天津市科技计划项目(15ZXLSY00040); 天津市自然科学基金(16JCYBJC27500)

DOI: 10.3760/cma.j.issn.1671-0282.2019.11.002

通过体外循环清除血液中毒物的概念于十八世纪提出, 血液净化技术起源于 1913 年, Abel 在水杨酸中毒动物模型取得成功<sup>[1]</sup>。近 40 年来, 血液净化技术的肾脏替代治疗 (renal replacement therapy, RRT) 迅速发展, 临床广泛应用, 中毒急救是其应用领域之一<sup>[2]</sup>。2011 年体外清除治疗中毒协作组 (extracorporeal treatments in poisoning workgroup, EXTRIP) 在加拿大成立, 2012—2016 年先后出台了多个中毒血液净化指南, 但对于我国常见的农药中毒, 如百草枯中毒和有机磷中毒尚未涉及<sup>[1,3]</sup>。近 20 余年, 随着经济发展和交通状况迅速改善, 基层卫生机构常见的农药中毒也成为城市综合医院的一个重要患者来源<sup>[4]</sup>, 中毒急救由单一的全血灌流技术扩展为各种血液净化模式的综合应用, 提出了一些新治疗理念, 如杂和血液净化、序贯血液净化及强化血液净化等<sup>[5-6]</sup>, 下面结合研究进展及笔者的临床实践论述强化血液净化治疗中毒的相关问题。

### 1 强化血液净化的基本概念

治疗剂量是指 RRT 过程中单位时间净化血液的总量, 在治疗中无法精确测量, 置换液总量、滤出液的总量、单位时间置换液的量等均能不同程度

反映治疗剂量, 但并不等于治疗剂量。完全后稀释持续静脉-静脉血液滤过 (continuous veno-venous haemofiltration, CVVH) 治疗时, 清除率 (治疗剂量) 为筛选系数和超滤率 (ultrafiltration rate) 的乘积, 小分子物质 (如尿素) 的筛选系数等于或接近于 1.00, 超滤率可基本等于清除率, 多数学者同意用超滤率来表示治疗剂量<sup>[7]</sup>。2000 年, Ronco 首先提出血液净化治疗剂量和疾病预后相关, 为规范临床研究, 2016 年成立的术语标准化创意联盟 (Nomenclature Standardization Initiative alliance, NSI), 规范了和治疗剂量相关的重要参数: 效率 (efficiency)、强度 (intensity) 和功效 (efficacy)<sup>[7]</sup>。治疗效率, 即清除率, 指单位时间内被净化的血液量, 在后稀释治疗时, 基本等于超滤率, 常用以比较相同血液净化模式 (常为 RRT) 不同治疗设置 (超滤率) 的不同效率。治疗强度是治疗效率与治疗时间的乘积, 反映一段治疗时间内被净化的血液量, 治疗强度与治疗效率相比更能代表实际治疗剂量<sup>[8]</sup>。治疗功效是治疗强度和表观分布容积的比率, 对于一室毒代动力学模型的毒物需要重点关注, 虽然可以通过提高治疗强度增加毒物清除, 但如果表观分布容积大于 1, 最终清除的毒物与体内总毒物量相比低于 30%, 临床意义有限; 对于二室或三