

虚拟现实技术在物质滥用治疗中的研究进展

周力丹^{1,2}, 陈蕙静¹, 王春光^{1,2,3}, 袁明^{1,2}, 刘望^{1,2}, 李勇辉^{1,2*}, 隋南^{1,2*}

1. 中国科学院心理研究所, 中国科学院心理健康重点实验室, 北京 100101;

2. 中国科学院大学, 北京 100049;

3. 北京市教育矫治局, 北京 100036

* 联系人, E-mail: liyonghui@psych.ac.cn; suin@psych.ac.cn

2016-08-10 收稿, 2016-10-24 修回, 2016-10-25 接受, 2016-11-30 网络版发表

国家重点研发计划(2016YFC0800907-Z06)、国家重点基础研究发展计划(2015CB553500)、国家自然科学基金(31371035)和中国科学院心理健康重点实验室基金资助

摘要 物质使用障碍作为一种慢性高复发性脑疾病, 是复杂的生物、心理、社会多元因素相互作用的结果。应对这一难以治愈的脑疾病, 需要在整合生物-社会-心理医学模式指导下, 运用多种不同的干预手段进行综合治疗。目前该领域正在探索一种新的治疗技术, 利用虚拟现实的沉浸式、交互式、构想式技术优势获得增强的线索反应模式, 提供成瘾相关的多因素交互的虚拟环境, 在现有线索暴露疗法及行为干预治疗技术及疗效方面可能获得新的突破。本文总结近10年来这一领域的研究进展, 内容包括: 利用虚拟现实技术获得增强的线索反应模式提高渴求评估的生态效度, 利用虚拟现实技术改进线索暴露疗法的效用, 以及利用虚拟环境呈现高危复吸情境的应对技能训练。

关键词 物质使用障碍, 虚拟现实, 渴求, 线索反应, 线索暴露疗法

物质使用障碍(substance use disorders, SUD)临床上定义为一种慢性复发性脑疾病, 表现为摄入量不断增加、不受控制的强迫性的觅药和用药行为, 对药物的耐受性、减少使用后出现负性情绪及严重的戒断症状, 强烈渴求^[1]。精神活性物质如尼古丁、酒精、可卡因和甲基苯丙胺的使用, 导致大脑的结构和功能的病理性改变是SUD产生的根本原因。SUD的防治是一个亟待解决的全球性公共卫生问题。高复吸率是治疗SUD的难点^[2]。

成瘾者复吸的根本原因并非生理依赖, 而在于其持久顽固的心理依赖^[3]。病理性成瘾记忆的长期存在是心理依赖产生的关键。反复使用成瘾性药物会导致神经系统发生适应性改变, 从而影响正性奖赏记忆和负性情绪记忆的形成、巩固、保持和提取, 产

生长期的病理性成瘾相关记忆^[4], 使成瘾者在接触药物及相关环境线索时激发对药物的心理渴求及复吸行为。因此, 在SUD治疗中, 使用线索暴露等行为治疗技术与药物治疗等其他方法结合, 降低个体对成瘾相关线索的反应, 能够有效地减少复吸^[5]。

线索暴露疗法(cue-exposure therapy, CET)基于巴甫洛夫的经典条件反射原理, 由于物质使用过程中多种环境线索(conditioned stimulus, CS)和药物的奖赏效应(unconditioned stimulus, US)反复匹配, 使CS获得了强烈情绪和动机反应性。CET的目的是消退和降低个体对CS的反应性, 通过系统地配置治疗环境, 在没有US的情况下反复呈现CS, 使个体对药物相关线索的生理反应(conditioned reflex, CR)逐渐降低, 最终导致对相关药物线索反应的消退。研究显

引用格式: 周力丹, 陈蕙静, 王春光, 等. 虚拟现实技术在物质滥用治疗中的研究进展. 科学通报, 2017, 62: 888-896

Zhou L D, Chen X J, Wang C G, et al. Progress in treatment on substance use disorders with virtual reality technologies (in Chinese). Chin Sci Bull, 2017, 62: 888-896, doi: 10.1360/N972016-00867

示, CET可以减轻SUD患者的症状^[6]。传统CET虽然能够减少复吸行为, 但也存在一些局限: (i) 传统CET不能提供综合复杂线索(如社交场景和互动、情感经历、情绪体验、物理线索等); (ii) 传统CET在模仿个体现实生活体验方面存在局限, 因此限制了治疗的生态效度(ecological validity)^[7]。生态效度是指研究过程中实验变量与真实情境的相似程度, 研究结果应用推广到真实的生活环境的程度。生态效度是衡量研究是否有实用价值的重要指标。传统的CET疗法在治疗过程中一般只能模拟一部分真实环境, 疗效相对有限, 并且容易复发。

将虚拟现实技术与CET相结合可以有效地克服这些局限, 提升治疗的生态效度。虚拟现实(virtual reality, VR)是以计算机技术为核心, 生成在视、听、触感等方面与真实环境高度近似的数字化环境(即虚拟环境(virtual environment, VE)), 用户借助必要的装备与VE中的对象进行交互作用, 相互影响, 可以产生亲临真实环境的感受和体验^[8]。近年来, VR在物质成瘾治疗领域的研究取得了重要进展, 显示了这一新型治疗技术的潜在优势^[9]。基于VR的线索暴露, 融合近端及远端场景线索的复杂虚拟线索环境, 可为SUD患者提供具有更好的生态效度的治疗方法, 以及标准化的系统治疗平台。本文总结近10年来这一领域的研究进展, 内容包括: (i) 利用VR获得增强的线索反应模式, 提高渴求评估的生态效度; (ii) 利用VR改进CET的效用; (iii) 利用VR呈现高危复吸情境, 提供应对技能训练。

1 利用VR获得增强的线索反应模式, 提高渴求评估的生态效度

DSM-5将渴求作为SUD的一个重要诊断标准。渴求(craving)是一种极度关注或强烈要求使用所需成瘾物质的愿望。物质使用障碍者暴露在成瘾物质有关的线索后, 可以产生可靠的生理反应, 这种现象称为线索反应(cue reactivity)^[10]。因此, 线索反应性一般用来测量渴求的强度。利用VR的交互性、沉浸性和构想性(interaction, immersion, imagination^[11]), 可以研究两种增强的线索反应模式, 一种是只置身于VE的非交互模式; 另一种是在VE中的主动交互模式。主动模式的突出特征是在VE中增加了利用化身(即数字化形式存在的人类个体, avatars^[12])进行社会

互动的情境。

1.1 虚拟环境下线索诱发渴求的非交互线索反应模式的研究

利用VR获得一种增强的新型线索反应研究模式, 提供具有多感觉通道融合的模拟真实世界的线索^[13]。成瘾药物相关线索归为4类: (i) 近端药物线索, 指特定的对象, 通常伴随药物使用的线索, 如器具; (ii) 伴随药物使用的其他消费品, 如香烟或注射器包装物等; (iii) 环境线索(包括语境线索), 指使用成瘾物质的物理场所、化身、朋友聚会场所或酒吧; (iv) 复杂线索, 指融合了环境和近端线索的复合情境。

最初的研究起始于比较简单的以视觉为主要刺激形式, 研究虚拟环境下近端线索的作用。Kuntze实验室^[14]将经典的线索暴露范式与VR相结合, 在这方面进行了开创性的研究, 通过VR设计了一个虚拟吧台场景, 呈现一组近端线索, 包括海洛因、棉签、注射器等毒品相关线索作为刺激。采用VAS(视觉模拟评分), Y-BOCS(耶鲁-布朗强迫量表)等方法测量被试的渴求反应。实时采集被试脑电、皮电和心率等生理数据。这项实验验证了虚拟近端线索诱发渴求的有效性, 被试渴求全面激活。但作者没有报告具体数据结果。这项实验作为第一个将VR应用于物质成瘾线索反应的试点研究具有开创性意义, 为其他研究人员进一步探索铺平了道路。在此基础上, Lee等人^[15,16]比较了VR环境近端线索与传统二维图片线索诱发烟瘾的差别, 发现VR线索诱导的尼古丁渴求程度比平面图片线索更加显著。首次通过实验数据支持了Kuntze等人的研究假设。

VR的优势是可以融合多感觉通道的刺激, 研究近端线索在渴求诱发中的作用。Ryan等人^[17]研究发现, 在同时呈现视觉、听觉和味觉多感觉通道刺激的VR环境中, 相对于非酗酒者, 酗酒者在派对场景和厨房场景酒精渴求的增长更加显著。并进一步研究虚拟环境场景是否可能直接诱发渴求反应, 结果显示, 仅利用香烟相关的VR场景, 即使没有明确的香烟近端线索也会诱导渴求^[18]。Poulos和Cappell^[18]的研究也支持这一结果, 不仅药物相关的近端线索诱导渴求, 使用药物的场所也能诱导渴求。最能反映虚拟线索高生态效度的环境可能是既包括与毒品相关的

近端线索,又包括使用场景的复杂线索. García-Rodríguez等人^[19]评估了7个与吸烟相关的复杂虚拟线索环境诱发渴求的程度差异,发现诱发吸烟渴求强度等级的环境依次是:酒吧,咖啡馆,在家中午餐,晚上看电视,餐馆午餐.

虚拟环境线索和平面线索诱发渴求的神经机制的差异也是研究的重点. Lee等人^[15]使用核磁共振扫描仪检测吸烟成瘾者在传统2D线索和VE线索诱发渴求的程度是否相同,被试特定大脑区域的激活是否一样. 结果发现,与2D环境相比较,在3D环境中被试的左额上回,右额上回和左枕叶回高度激活. 这个发现与之前的尼古丁渴求的研究结果相同,在3D环境中被试的PFC包括额上回、额上回、下枕叶回和小脑都被激活了,因此,相比于2D环境,被试在3D环境中看起来注意力更集中,视觉更平衡,运动更协调^[19].

上述研究表明,将被试放在物质相关的虚拟环境中可以成功诱导渴求. 在虚拟线索诱导环境中,VR可以替代录像和照片线索,并利用VR沉浸交互式多通道感知觉多通道线索特征,增强物质成瘾渴求评估的生态效度. 线索诱发成瘾渴求的生物基础是对个体成瘾记忆的提取. 与传统线索反应范式不同,VR线索具有比较高的生态效度,可以提供与人体感知觉生物神经系统结构相应的、多种形式的刺激方式,影响人的感知觉通道、运动知觉、情绪和内隐动机,并能通过刺激,识别个体内在的认知图式,结构化地提取个体长时程记忆信息. 通过VR技术研究成瘾线索的作用有可能成为一种新的成瘾研究范式.

1.2 虚拟环境下线索诱发渴求的主动交互线索反应模式的研究

VR线索诱导渴求反应的泛化和辨别作用与VR的交互性、构想性和沉浸性作用机制结合,可以产生特异性线索反应,进一步增强线索反应模式的生态效度. 这种主动交互线索反应模式的研究主要包括3个方面. (i) 提供个性化可交互定制刺激线索的功能,利用特异性线索反应机制,发现引起个体成瘾问题行为的特定环境线索. Traylor等人^[7]发现,年轻吸烟成瘾者在面对复杂且有内隐诱因的社交吸烟场所的特定情景时,诱发吸烟的渴求反应增强^[20]. (ii) 针对提供药物使用的社交环境,利用化身互动机制,可以进一步考察在药物相关生活场景,及社交压力下

产生的诱因作用. Bordnick等人^[21-24]研究发现,在慢性物质障碍使用者中,这种复杂的虚拟线索可以诱导大范围的渴求. 相对于与香烟相关的无生命虚拟环境,与香烟相关的化身的社交互动诱导了更高强度的渴求^[25]. (iii) 研究利用VR的交互及构想特性,提供对被试线索诱发行为反应的跟踪,探索成瘾个性动机诱因倾向的内隐测试的可能^[26]. 利用VE呈现变化的及受控的可互动的现实生活场景,被试可以在很宽的场景范围内自由走动,系统可以对被试的动作和行为反应进行跟踪,评估被试的渴求反应. 一些研究发现眼动可以作为一种内隐的渴求测量方式^[27,28].

这些研究表明,VR线索诱发渴求的主动交互线索反应模式,通过特异性线索反应作用机制,提供了对SUD的个体化关怀和治疗. 由于SUD是生物、社会、心理多种复杂因素交互作用的结果,每一个成瘾者在通往滥用和依赖的路上都有自己的故事,多种成瘾记忆体验和不同的诱发线索可能匹配于不同的个体. 因此,VR提供的特异性线索反应作用机制可能会适应个性化成瘾经验及药物依赖体验,在临床治疗中能够提供有用的支持. Bush^[29]研究指出,VR在一些临床环境中更被需要,因为它更加私密,并且对病人来说比个体治疗行为指导少些尴尬. VR可以辅助物质成瘾治疗实现更高的生态效度.

1.3 虚拟环境线索对诱发渴求的强度进行评估的作用

线索反应评估可用于检测成瘾严重程度和评估药物或心理治疗的有效性,具有重要的临床意义. 许多患者在戒断很长时间后都存在复吸的风险,而在治疗干预措施之前又常缺乏有效的评估,能够反映成瘾个体现实环境诱发因素的工具^[10,30]. 基于线索反应的虚拟现实评估方法可以提供更接近真实的可靠方法,在治疗的不同阶段,用于评估渴求和识别复吸的高危环境. 近年来,一些来自精神病学、行为科学、社会工作研究的人员与成瘾障碍临床治疗专家一起,开展了临床应用试验方面的工作. Daisy等人^[31]考察吸烟者的戒断症状和在虚拟药物相关线索诱发的渴求的关系. 实验结果显示,根据自我报告的渴求评估结果,虚拟线索诱发的渴求与尼古丁戒断症状之间呈现正相关关系,其心率数据的变化也随渴求反应的增强相应明显增加. 这是第一次研究评估尼古丁戒断症状与虚拟药物相关线索诱发的渴求关系

的研究报告。这些发现对增强虚拟暴露疗法的效用可能有重要意义。Kaganoff等人^[9]在临床的戒烟治疗研究中发现,基于VR的线索反应评估可以为SUD患者提供更好的评估工具。该研究总结了VR线索反应评估具有显著的潜在优势,其作用机制主要是VR能够提供多感知觉通道,融合接近主体的场景线索暴露环境;提供复杂线索和社交互动模拟环境,以及对暴露线索的操控和被试线索反应的实时交互测量,利用这些VR特点可以获得增强的线索反应模式提高渴求评估的生态效应,通过不断升级和扩展评估工具功能,可望在其他临床变量的评估和治疗中得到应用推广。

2 利用VR改进线索暴露疗法的效用

利用VR增强线索反应范式,可以改进CET的效用。主要有3方面研究进展:(i)增强暴露线索及参数的准确性;(ii)将CET与其他治疗方法的结合;(iii)在个体治疗层面加强CET的功效。

传统CET线索在模拟SUD患者真实的生活环境和社会环境方面具有明显的局限性,而VR-CET可将个体暴露在与日常生活相似的、吸食毒品相关的场景环境中,诱发SUD的渴求,在多个不同类型的毒品相关线索中进行消退训练,可能具有更好的治疗效果。Lee等人^[32]最先探究在吸烟成瘾者中使用VR-CET。实验将被试暴露在中性或VR尼古丁相关线索,观察主观渴求变化,记录日吸烟量。采用巴甫洛夫的CS-CR消退法探究了VR-CET是否能作为治疗吸烟者的有效技术。结果表明,VR-CET的效果没有明显改善所有的因变量,但在治疗过程中吸烟者总的吸烟数量和渴求在逐渐减少。Moon和Lee^[33]利用脑成像研究VR-CET消退效应的神经机制,测量吸烟者在治疗过程脑部的激活状况,特定脑区是否与特定渴求相关,检验消退效果。实验比较了被试在VR-CET前后的额下回和额上回,结果显示,这些区域和之前研究的尼古丁渴求激活的脑区一致,VR-CET训练后被试面对吸烟相关线索PFC激活程度下降,主观渴求降低。Lee等人^[20]又检测了在男性酒精依赖患者中使用VR疗法,实验结果显示,在利用VR-CET进行了10个疗程之后,被试主观渴求程度减少,EEG中额顶脑区域功率谱能量有显著增加。Choi等人^[34]测试尼古丁依赖者在重复呈现刺激的VR-CET前后的心理生理变化,采用环绕屏幕投影墙VR系统呈现有虚拟烟线索

的社交环境,测试被试在VR-CET治疗中的心理生理反应,包括心率、皮电、肌电,以及主观渴求。经过5周的疗程,渴求反应明显减少,测试数据显示被试的客观心理生理渴求和主观渴求都逐渐减少了。

CET和其他治疗方法相结合是提高CET治疗效果的有效途径,虚拟现实技术为二者的结合提供了一个很好的技术平台。Lee等人^[20]的研究范式是利用经典条件反射,同时使用厌恶刺激疗法。被试经历不同的情感联结场景,引导在成瘾关系中CS反应配对关系的重建。实验结果表明,VR-CET与厌恶疗法结合可以增加疗效。近年更多的研究关注VR-CET与认知行为疗法(cognitive behavior therapy, CBT)结合治疗SUD。Culbertson等人^[35]将VR-CET与CBT结合评估戒烟治疗的有效性。利用虚拟吸烟线索smoking-VR的CBT-VR-CET疗法与安慰剂placebo-VR治疗相比较。实验结果显示, CBT-smoking-VR渴求下降程度大于placebo-VR疗法。这个实验有3个值得关注的特点,(i)提供包括主体化身的虚拟吸烟情境刺激;(ii)实验过程结合认知疗法;(iii)消退过程时间参数的严格控制。这些实验结果与之前的一些研究假设相一致。Conklin和Tiffany^[36]2002年曾提出线索暴露的潜在优势及改进方向:提供准确的暴露线索,适合的疗程及时间等参数设置,并结合具有“金标准”疗效的心理治疗方法。他们和Kaplan等人^[37]还着重考察人类与动物心理和行为的特殊性,对单独使用CET作为治疗SUD的方法的功效提出质疑,认为许多与成瘾物质相关线索中固有的情感因素的作用超过了巴甫洛夫经典学习范式可以验证的反应现象及调控方法^[38]。基于学习的认知理论提出人类复杂行为与动物的区别,要关注刺激-反应的中间过程,即引起个体反应和学习的内在机制。物质成瘾不是简单的刺激-反应引起的障碍,是由个体内在素质、认知、动机多种因素形成,是生物、心理、社会因素相互作用的结果。

CET的疗效取决于暴露环境和个体经历的真实环境的一致性,VR-CET主要是利用VR提供的主动交互的特异性线索反应机制,着重考察要消退的线索应该是与个体匹配的,方便且易获得的。线索消退需要包括个体自传体记忆内容,消退过程需提供个体消退治疗训练,消退治疗之后要继续保持阶段性的跟踪提醒,避免戒断者日后被熟悉的线索环境影响发生自发恢复效应。最终治疗目标是使成瘾者被训

练成可以系统应对预期的各种复发高危环境^[39,40]. 尽管对VR-CET的效果评估的研究还在继续, 但已有研究结果还是给个体治疗方案提供了框架. Pericot-Valverde等人^[41]考察对一位女性被试的VR-CET详细治疗计划, 经历6周疗程, 复吸技能训练和VR-CET结合治疗, 实验结果报告戒烟成功了. 被试主观渴求率、呼吸中一氧化碳的含量和吸烟数量都呈现下降. 因为这只是个案研究, 并且后续对治疗的评估没有持续跟踪, 因此这只是VR-CET个体优化治疗的第一步, 显示了个体化VR-CET治疗计划对SUD患者在停止滥用物质和避免未来复发的成功治疗案例的可能性. 根据一些SUD的VR-CET研究的统计结果, 发现治疗的成功强烈依赖于性别、年龄和治疗态度等个性化因素. SUD的个体化治疗已经被预测可能成为治疗不同的SUD患者的有潜力的方法^[42]. 在VR-CET环境中, 中脑边缘回路的激活就是线索反应的重要标志, Vollstädt-Klein等人^[43]观察到在接受VR-CET治疗后, 被试的ACC, PFC和腹侧纹状体的激活都有所下降. 根据增加ACC和PFC与增加渴求程度呈正相关的研究发现, 这些实验结果显示VR-CET可能下调中脑边缘多巴胺区域的超激活强度的作用. 因此, 在VE中增加生态线索的准确性可能会导致线索反应生态效度的提高, 及中脑边缘反应的相对变化, 至少在个体治疗层面加强了VR-CET的功效.

总结已有研究结果, VR-CET通过增强暴露线索及参数的准确性, 结合认知疗法、厌恶疗法等治疗技术能够达到更好的疗效. VR在未来临床应用中可能会帮助提升个体化治疗的疗效. 这些研究主要采用3种方法评估VR-CET的可行性^[6]. (i) 被试被暴露在物质相关或中性VR线索后观察主观渴求程度的变化; (ii) 记录被试的客观生理反应, 如心率、皮电或是通过fMRI工具评估渴求过程中脑激活程度的变化; (iii) 通过比较被试在使用VR-CET前后, 主观渴求率和生理反应的变化来评估治疗效果. 目前的大多数研究主要着力于评估VR-CET治疗对于尼古丁或酒精成瘾者的疗效.

3 利用虚拟环境呈现高危复吸情境进行应对技能训练

成瘾物质相关高危情境的应对技能训练, 被认为是防止社会压力诱发复吸的好方法. 而个体应对高危情境的效能又受到成瘾物质相关环境线索的制

约. 研究发现, 在角色扮演下的酒精线索情景中, 个体不能有效地拒绝社会压力导致的饮酒行为, 因为酒精线索诱发的生理反应和认知功能的改变, 会扰乱个体使用应对技巧的能力和信念^[44]. 为了提高在相似的现实生活中使用应对技巧的效果和自我效能感, 一些研究认为应对技巧的训练应该在用药相关线索的呈现下进行. 然而, 与用药线索相关的场景, 存在很大的个体间差异, 并且很难在日常的治疗环境中构造社会压力. 利用虚拟环境中复杂线索的交叉特征可以呈现针对不同类型药物相关线索下的不同形式的社会压力. Lee等人^[45]率先开展了这一领域的研究, 利用VR评估酒精线索和社会压力的相互作用对酒精渴求影响. 结果表明, 利用VR构建复杂线索可以提供多种模仿现实生活情景的情感和社交环境. Bordnick等人^[46]进一步使用虚拟现实训练尼古丁依赖者, 设计应对技能训练(virtual reality skills training, VRST)的可行性测试. 实验提供交互的VR环境和逼真的吸烟社交互动, 以及模拟吸烟者在现实生活中吸烟的相似场景的暴露, 使得临床治疗师可以为被试提供不同的线索暴露, 并在不同场景中训练应对技巧. 实验结果表明, 相比于接受尼古丁替代疗法(nicotine replacement therapy, NRT), NRT结合VRST组的吸烟者在治疗结束和随后6个月的评估中, 渴求和吸烟的自我报告明显降低. 并且, 相比于单独NRT组, NRT结合VRST组在治疗后的1, 2, 3, 6个月的自我效能感明显更高, 被试提高了在现实生活中使用应对技巧的自信.

基于学习的认知理论支持VR与CBT训练相结合的内在机制作用. 例如, 情境依存性记忆的学习表明, 在一种身心状态下学到的信息在同样身心状态下会更容易被想起. 尽管来访者可以在临床环境中学到一些技巧, 但最终治疗发生改变的核心不是在治疗的办公室, 而是在来访者生存的世界^[47]. 杨波等人^[48]开发了一种将VR应用于药物依赖患者的心理矫正软件, 系统使用虚拟游戏方式, 通过在虚拟环境中呈现8种不同的高危处境, 为戒毒人员提供应对高危处境的技巧训练, 以达到帮助患者习得应对高危环境和社会压力诱惑的技巧, 提高自我效能感.

已有研究显示了将VR与CBT训练相结合的优势. 研究发现, VR在应对技巧训练中的作用, 就是利用VR复杂线索的交叉特征机制, 以及构想性智能机制, 提供多种模仿现实生活情景的情感和社交环

境,调整合理认知,模仿应对技能的更贴近成瘾者现实生活的学习训练工具。

4 回顾与展望

总结已有研究发现,将VR的沉浸性、交互性和构想性特征应用于成瘾治疗具有很大的潜在优势。通过VR技术构建的虚拟环境线索有可能成为一种增强的成瘾研究范式。这一研究范式具有3个特点:(i)高生态效度的虚拟线索分类特征提供多感知通道复杂线索作用机制;(ii)VR交互式构想环境和智能化身的线索特征提供诱发个体成瘾记忆的特异性线索有效提取作用机制;(iii)VR可以实时调控刺激线索,同步生理神经观测数据,整合计算机、传感器、生物仪表等设备协同工作,提供检验人类生理和行为之间联系的一个系统观测控制环境。

以VR线索反应研究范式为基础的成瘾治疗方法的应用研究主要包含3个方面:(i)用于辅助治疗干预过程的成瘾渴求评估,提高评估的生态效度;(ii)VR对传统CET的改进,增强暴露线索及参数的准确性,提升个体治疗计划的功效;(iii)VR提供应对技能训练,以改进CBT在成瘾治疗中的疗效。目前这些研究主要集中于尼古丁和酒精成瘾人群,其他类型的成瘾人群的虚拟现实干预技术的研究有待进一步开展。

VR在成瘾治疗方面的研究还面临一些问题需要进一步探索。例如,临场感(presence)、眩晕问题(cybersickness),以及线索诱发渴求反应的结构化测量问题等。这些问题都是影响VR在临床治疗应用中的关键问题。临场感是个体在VR中“存在”意识的心理测量^[49]。在评估VR系统时,临场感可以作为比较VR环境和现实生活场景有多相像的工具,被视为一

个VR成功的必要条件之一^[50]。目前这方面的研究还没有成熟的方法。眩晕问题是指在VR暴露过程中,有些被试会出现头晕或想吐的感觉,是一种自然的生理反应^[51]。对眩晕的测量对研究VR系统可行性是至关重要的^[52]。一些研究发现,严重的眩晕使得个体无法完成测试,通常的处理办法是将不适应的被试数据从统计分析中排除^[53]。未来VR的发展将继续提高VR的人体适用性。结构化的渴求测量问题。因为对SUD患者来说,被刺激诱发的渴求反应是结构化的,包括认知、生理、情感、行为等方面,因此要客观评价渴求就需要从多个维度记录不同的生理和主观数据。而之前的不少研究还主要使用单一的主观渴求量表测量渴求。单一项目的测量方法对于反应目标群体共性特征的解释是有限的,单一项目可能会限制评估的可靠性,采用多个不同维度描述渴求可以规避这个问题^[54]。这个问题也存在于传统线索反应的研究中。

近年来,虚拟现实增强技术已经取得了显著的技术进步。虚拟现实增强技术是将虚拟环境与现实环境进行匹配合成以实现增强,其中将三维虚拟对象叠加到真实世界显示的技术称为增强现实技术,将真实对象的信息叠加到虚拟环境绘制的技术称为增强虚拟环境。未来,虚拟现实增强技术将能够更有效地解决上述3个遗留问题。通过真实世界和虚拟环境的合成能够提高用户体验感和可信度。利用增强现实技术和增强虚拟环境技术,创建“虚中有实”或“实中有虚”的表现效果^[55]。在成瘾治疗的进一步研究中,可以探索个体独有的真实心理环境与构建的虚拟世界同步交错或叠加出现在同一时空关系之中的心理治疗方法。

参考文献

- 1 American Psychiatric Association. (DSM 5). American Psychiatric Association, 2013
- 2 World Health Organization. Management of Substance Abuse. 2014. http://www.who.int/substance_abuse/facts/en/
- 3 Sui N. Physiological Psychology (in Chinese). Beijing: China Renmin University Press, 2010 [隋南. 生理心理学. 北京: 中国人民大学出版社, 2010]
- 4 Liu Y, Zhou Q X, Xun L, et al. Progress on the molecular mechanisms of synaptic actin rearrangements in regulating morphine withdrawal induced aversive memory formation (in Chinese). Chin Sci Bull, 2014, 59: 15–20 [刘瑶, 周启心, 徐林, 等. 突触骨架重塑调控吗啡戒断负性记忆的分子机制进展. 科学通报, 2014, 59: 15–20]
- 5 Paris M M, Carter B L, Traylor A C, et al. Cue reactivity in virtual reality: The role of context. Addict Behav, 2011, 36: 696–699
- 6 Hone-Blanchet A, Wensing T, Fecteau S. The use of virtual reality in craving assessment and cue-exposure therapy in substance use disorders. Front Hum Neurosci, 2014, 8: 844–858

- 7 Traylor A C, Bordnick P S, Carter B L. Assessing craving in young adult smokers using virtual reality. *Am J Addict*, 2008, 17: 436–440
- 8 Zhao Q P. A survey on virtual reality. *Sci China Ser F: Inf Sci*, 2009, 52: 348–400
- 9 Kaganoff E, Bordnick P S, Carter B L. Feasibility of using virtual reality to assess nicotine cue reactivity during treatment. *Res Soc Work Pract*, 2012, 22: 159–165
- 10 Carter B L, Tiffany S T. Meta-analysis of cue-reactivity in addiction research. *Addiction*, 1999, 94: 327–340
- 11 Burdea G, Coiffet P. *Virtual Reality Technology*. New Jersey: John Wiley and Sons, 1994
- 12 Lim S, Reeves B. Computer agents versus avatars: Responses to interactive game characters controlled by a computer or other player. *J Hum Comput Stud*, 2009, 68: 57–68
- 13 Irene Pericot-Valverde M A, Lisa J, Germeroth M A, et al. The use of virtual reality in the production of cue-specific craving for cigarettes: A meta-analysis. *Nicotine Tob Res*, 2016, 18: 538–546
- 14 Kuntze M F, Stoermer R, Mager R, et al. Immersive virtual environments in cue exposure. *Cyberpsychol Behav*, 2001, 4: 497–502
- 15 Lee J H, Ku J, Kim K, et al. Experimental application of virtual reality for nicotine craving through cue exposure. *Cyberpsychol Behav*, 2003, 3: 275–281
- 16 Lee J H, Lim Y, Wiederhold B K, et al. A functional magnetic resonance imaging (fMRI) study of cue-induced smoking craving in virtual environments. *Appl Psychophysiol Biofeedback*, 2005, 30: 195–204
- 17 Ryan J J, Kreiner D S, Chapman M D, et al. Virtual reality cues for binge drinking in college students. *Cyberpsychol Behav Soc Netw*, 2010, 13: 159–163
- 18 Poulos C X, Cappell H. Homeostatic theory of drug tolerance: A general model of physiological adaptation. *Psychol Rev*, 1991, 98: 390–408
- 19 García-Rodríguez O, Pericot-Valverde I, Gutiérrez-Maldonado J, et al. Validation of smoking-related virtual environments for cue exposure therapy. *Addict Behav*, 2012, 37: 703–708
- 20 Lee S H, Han D H, Oh S, et al. Quantitative electroencephalographic (qEEG) correlates of craving during virtual reality therapy in alcohol dependent patients. *Pharmacol Biochem Behav*, 2008, 91: 393–397
- 21 Bordnick P S, Graap K M, Copp H, et al. Utilizing virtual reality to standardize nicotine craving research: A pilot study. *Addict Behav*, 2004, 29: 1889–1894
- 22 Bordnick P S, Graap K M, Copp H L, et al. Virtual reality cue reactivity assessment in cigarette smokers. *Cyberpsychol Behav*, 2005, 8: 487–493
- 23 Bordnick P S, Traylor A, Copp H L, et al. Assessing reactivity to virtual reality alcohol based cues. *Addict Behav*, 2008, 33: 743–756
- 24 Bordnick P S, Copp H L, Traylor A, et al. Reactivity to cannabis cues in virtual reality environments. *J Psychoactive Drugs*, 2009, 41: 105–112
- 25 Ferrer-García M, García M, Gutiérrez-Maldonado J, et al. Efficacy of virtual reality in triggering the craving to smoke: Its relation to level of presence and nicotine dependence. *Stud Health Technol Inform*, 2010, 154: 123–127
- 26 García-Rodríguez O, Weidberg S, Gutiérrez-Maldonado J, et al. Smoking a virtual cigarette increases craving among smokers. *Addict Behav*, 2013, 38: 2551–2554
- 27 Hofmann S G, Meuret A E, Smits J A, et al. Augmentation of exposure therapy with d-cycloserine for social anxiety disorder. *Arch Gen Psychiatry*, 2006, 63: 298–304
- 28 Myrick H, Anton R F, Li X, et al. Differential brain activity in alcoholics and social drinkers to alcohol cues: Relationship to craving. *Neuropsychopharmacology*, 2004, 29: 393–402
- 29 Bush J. Viability of virtual reality exposure therapy as a treatment alternative. *Comput Human Behav*, 2007, 24: 1032–1040
- 30 Drummond D C. What does cue-reactivity have to offer clinical research? *Addiction*, 2000, 95: 129–144
- 31 Daisy G Y, Thompson-Lake M S, Kim N, et al. Withdrawal symptoms and nicotine dependence severity predict virtual reality craving in cigarette-deprived smokers. *Nicotine Tob Res*, 2015, 17: 796–802
- 32 Lee J, Lim Y, Graham S J, et al. Nicotine craving and cue exposure therapy by using virtual environments. *Cyberpsychol Behav*, 2004, 7: 705–713
- 33 Moon J, Lee J H. Cue exposure treatment in a virtual environment to reduce nicotine craving: A functional MRI study. *Cyberpsychol Behav*, 2008, 12: 43–45
- 34 Choi J S, Park S, Lee J, et al. The effect of repeated virtual nicotine cue exposure therapy on the psychophysiological responses: A preliminary study. *Psychiatry Investig*, 2011, 8: 155–160
- 35 Culbertson C S, Shulenberg S, De La Garza R, et al. Virtual reality cue exposure therapy for the treatment of tobacco dependence. *J Cyber Ther Rehabil*, 2012, 5: 57–64
- 36 Conklin C A, Tiffany S T. Applying extinction research and theory to cue-exposure addiction treatments. *Addiction*, 2002, 97: 155–167
- 37 Kaplan G B, Heinrichs S C, Carey R J. Treatment of addiction and anxiety using extinction approaches: Neural mechanisms and their

- treatment implications. *Pharmacol Biochem Behav*, 2011, 97: 619–625
- 38 Havermans R C, Jansen A T. Increasing the efficacy of cue exposure treatment in preventing relapse of addictive behavior. *Addict Behav*, 2003, 28: 989–994
 - 39 Chelonis J J, Calton J L, Hart J A, et al. Attenuation of renewal effect by extinction in multiple contexts. *Learn Motiv*, 1999, 30: 1–14
 - 40 Bouton M E. A learning-theory perspective on lapse, relapse, and the maintenance of behavior change. *Health Psychol*, 2000, 19: 57–63
 - 41 Pericot-Valverde I, Garcia M, Ferrer-García M, et al. Virtual reality for smoking cessation: A case report. *Stud Health Technol Inform*, 2012, 181: 292–298
 - 42 Mann K, Hermann D. Individualized treatment in alcohol-dependent patients. *Eur Arch Psychiatry Clin Neurosci*, 2010, 260: 116–120
 - 43 Vollstädt-Klein S, Loeber S, Kirsch M, et al. Effects of cue-exposure treatment on neural cue reactivity in alcohol dependence: A randomized trial. *Biol Psychiatry*, 2011, 69: 1060–1066
 - 44 Monti P M, Rohsenow D J. Coping-skills training and cue-exposure therapy in the treatment of alcoholism. *Alcohol Res Health*, 1999, 23: 107–115
 - 45 Lee J S, Namkoong K, Ku J, et al. Social pressure-induced craving in patients with alcohol dependence: Application of virtual reality to coping skill training. *Psychiatry Investig*, 2008, 5: 239–243
 - 46 Bordnick P S, Traylor A C, Carter B L, et al. A feasibility study of virtual reality-based coping skills training for nicotine dependence. *Res Soc Work Pract*, 2012, 22: 293–300
 - 47 Kanfer F H, Schefft B K. *Guiding the Process of the Therapeutic Change*. Champaign: Research Press, 1988
 - 48 Yang B, Zhao X, Ou Y L, et al. Design and implementation of virtual reality software with psychological treatment for drug dependent patients (in Chinese). *J Biomed Eng*, 2012, 29: 1174–1177 [杨波, 赵旭, 欧亚林, 等. 一种虚拟现实的药物依赖患者心理矫正软件的设计实现. *生物医学工程学杂志*, 2012, 29: 1174–1177]
 - 49 Lombard M, Ditton T B, Weinstein L. Measuring presence: The temple presence inventory. In: *Proceedings of the 12th Annual International Workshop on Presence*, Temple University, 2009. 1–15
 - 50 Camille G, Eric M, Karine B, et al. Virtual reality cue exposure for the relapse prevention of tobacco consumption: A study protocol for a randomized controlled trial. *Trials*, 2016, 17: 96–104
 - 51 DeLeo G, Diggs L A, Radici E, et al. Measuring sense of presence and user characteristics to predict effective training in an online simulated virtual environment. *Simul Healthc*, 2014, 9: 1–6
 - 52 Kennedy R S, Lane N E, Berbaum K S, et al. Simulator sickness questionnaire: An enhanced method for quantifying simulator sickness. *Int J Aviat Psychol*, 1993, 3: 203–220
 - 53 Baumann S B, Sayette M A. Smoking cues in a virtual world provoke craving in cigarette smokers. *Psychol Addict Behav*, 2006, 20: 484–489
 - 54 Tiffany S T, Wray J M. The clinical significance of drug craving. *Ann N Y Acad Sci*, 2012, 1248: 1–17
 - 55 Zhou Z, Zhou Y, Xiao J J. Survey on augmented virtual environment and augmented reality. *Sci China Ser F: Inf Sci*, 2015, 45: 157–180

Summary for “虚拟现实技术在物质滥用治疗中的研究进展”

Progress in treatment on substance use disorders with virtual reality technologies

ZHOU LiDan^{1,2}, CHEN XiJing¹, WANG ChunGuang^{1,2,3}, YUAN Ming^{1,2}, LIU Wang^{1,2},
LI YongHui^{1,2*} & SUI Nan^{1,2*}

¹ CAS Key Laboratory of Mental Health, Institute of Psychology of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China;

² University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China;

³ Beijing Municipal Bureau of Educational Correction, Beijing 100036, China

* Corresponding authors, E-mail: liyonghui@psych.ac.cn; suin@psych.ac.cn

Substance use disorder (SUD) is a chronic brain disease with a high rate of relapse that results from the complex interaction amongst physical, psychological, and social factors. To deal with this intractable brain disease, it is necessary to utilize a variety of treatment methods for comprehensive intervention under the guidance of integrative physical-social-psychological treatment model. Currently, the virtual reality (VR) technologies has been successfully used to investigate the effects of specific and context cue on the emotional, cognitive and behavioral response and craving in the persons with SUD, and new treatment methods on SUD with VR have been well developing. This technique synthesizes the immersive, interactive, and constructive technological advantages of VR to provide a complex changeable multi-factor interactive virtual environment. With the aid of VR technique, it is hoped that the quality and effects of cue-exposure therapy and behavioral therapy will make a new breakthrough. This article summarizes the research advances in this field within the last decade. It includes: To improve the validity of craving assessment by providing the drug-related cues and contexts more similar with the real life environments, combined with multiple levels of craving assessment methods like subjective report, eye movement tracking, heart rate, galvanic skin response and electroencephalograph; To improve the ecological validity of cue exposure therapy by extinguishing the cue response with multiple drug-related cues and contexts, and the trans-context extinction training will reduce the spontaneous recovery, which is the big challenge in regular cue exposure therapy; To improve the coping skill on how to deal with high relapse risk environments by training the coping skills in the virtual environments with social pressure context associated with drug-related cues; To improve the therapeutic effect of regular psychological and behavioral therapy, like cognitive behavioral therapy. In sum, the virtual reality procedures have some advantages in the subjective and objective assessment of craving, and improvement of therapeutic effect by providing a flexible and controllable platform to integrate different psychological and behavioral therapies under the virtual environments with specific complex drug-related cues, contexts and social interaction. The specificity created by virtual reality techniques holds the great promise to the development of individualized care and treatment in SUD. The future researches will focus on how to increase the sense of presence and reduce the sensations of nausea, and then to elevate the individual involvement to the virtual environments.

substance use disorders, virtual reality, craving, cue reactivity, cue-exposure therapy

doi: 10.1360/N972016-00867