

虚拟现实暴露疗法干预恐高症的形式及作用机制

陈 果 王广新

北京林业大学，北京

摘 要 | 恐高症严重影响用户的身心机能，研究证明虚拟现实暴露疗法对恐高症的治疗效果可与现实暴露疗法相媲美，且用户在虚拟的环境中永远是受保护和安全的。虽然虚拟现实暴露包含多种技术与硬件形式，但其对恐高症的干预机制仍然以生理层面、认知层面及大脑层面为主。未来研究应立足于生理和脑机制，进一步探究评估和治疗恐高症的新形式，同时基于认知角度和新技术，减少虚拟现实暴露疗法的负面影响。

关键词 | 虚拟现实暴露疗法；恐高症；生理机制；认知机制；脑机制

Copyright © 2022 by author (s) and SciScan Publishing Limited

This article is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/). <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>



1 引言

恐怖症原称恐怖性神经症，包括广场恐怖症、社交焦虑障碍及特殊恐怖症等，其中恐高症受到越来越多的关注。恐高症是令人痛苦的，当人从塔、桥、梯子，或悬崖往下看时，会导致焦虑、姿势失衡和植物神经症状等^[1]。美国精神病学学会认为，对高度的恐惧是一种特殊的恐怖症，其终身患病率女性为 32%，男性为 25%^[2]，特殊恐怖症是成年人中最常见的单项精神障碍^[3]。近期的一项流行病学研究表明，约有 1/3 的普通人群患有或轻或重的恐高，很多人的生活质量因此受到影响^[4]。恐高症令人感到不适并影响工作和生活，但因少有患者主动寻求治疗，导致医疗人员难以获得丰富的恐高症治疗经验^[5]。以往对恐高症的治疗以暴露疗法为主，其中现实暴露疗法被视为恐高症治疗的黄金标准，这种疗法要求用户直面恐怖刺激，直到他们的恐惧减弱为止^[6]。

随着科学技术的发展，虚拟现实技术（virtual reality, VR）作为一种新的治疗方法开始崭露头角。VR 整合了即时计算机图形学、身体感觉传感，视觉成像等^[7]，是一种身临其境的技术，为用户提供可视化和人机交互^[8]。虚拟现实暴露疗法（virtual reality exposure therapy, VRET）正是将用户暴露于 VR

打造的虚拟环境（virtual environment, VE）中，反复体验回避的恐惧刺激，学习如何克服心理障碍^[9]。用户在虚拟环境中引发的病理性恐怖症状最终得到缓解^[10]，可能会极大地增加用户获得最佳心理干预的机会^[11]。虚拟现实暴露疗法与现实暴露疗法类似，都是通过将用户暴露在特定场景中达到脱敏，但是目前对于虚拟现实暴露的作用机制还不清楚。综上，本研究致力于对使用 VRET 治疗恐高症的研究进行整合，旨在澄清 VRET 干预恐高症的作用机制，基于此提出未来可能的研究和应用方向。

2 虚拟现实暴露疗法的形式

VR 作为暴露疗法的重要工具，通常有三种形式：头盔式、洞穴式及眼镜式。在头盔式中，用户使用手柄实现移动与场景交互，通过空气压缩装置获得嗅觉体验，在场景中逐渐缓解负面情绪^[12]。VR 背景下，用户由不同高度引起的恐惧反应，通过几次虚拟场景的重复暴露普遍减弱^[13]。飞行恐惧用户的主观不适，最终均在暴露间期和反复暴露中显著降低^[14]。恐高用户两次 VRET 的治疗效果和现实暴露疗法在伯仲之间^[15]。弗里曼（Freeman）等人进一步使用沉浸式 VR 对 100 名用户在 2 周时间内进行 6 次 VR 心理干预，有效减少了用户的高度恐惧^[11]。元分析表明，该疗法产生的效应值（ $d=2.00$ ）大大超过了现实暴露治疗（ $d=1.10$ ）。与头盔式相比，洞穴式在治疗过程中更灵活、私密。用户不仅在更接近现实暴露的情况下接受治疗，同时能避免公开展示用户的恐惧反应可能导致的尴尬^[16]。洞穴式可有效引发用户与高度有关的自陈恐惧和回避行为，相较于恐高程度低的用户，恐高程度高的用户被激起的恐惧反应更强烈^[17]。使用脑电图等生理指标评估治疗进展和效果显示，用户的焦虑水平经过洞穴式暴露后显著下降^[16]。洞穴式已成为治疗恐怖症的新形式。眼镜式是三种形式中最经济、便携的。唐克（Donker）等人将低成本的虚拟现实眼镜与基于手机应用程序的自我指导的 VRET 相结合，成功缓解用户恐高症状。且治疗效果在 3 个月随访时仍显著^[18]。这是第一个表明无须治疗师干预，在家即可完成的 VRET 研究。

洞穴式虚拟现实技术因其成像效果最好，能提供身临其境的感受，更易激起用户的焦虑情绪^[19]。但使用头盔式与洞穴式的干预效果无显著差异^[20]，且 6 个月后随访仍维持该结果^[21]。原因可能在于三种形式在干预恐高症的过程中仅仅只是硬件上的差异，其干预机制和干预效果并未受到不同形式的影响，因此有必要进一步澄清虚拟现实对恐高症的治疗机制。此外，三种形式都会不可避免地伴随不同程度的晕屏症。作为 VRET 的局限之一，晕屏症可能引起用户身体不适的症状，包括但不限于头晕、恶心、眼疲劳等^[22]。缓解晕屏症状可以改善用户体验，拓宽 VRET 的受益人群，这需要在未来的研究中进一步解决。

3 虚拟现实暴露疗法干预恐高症的生理机制

乌尔（Wuehr）等人关注肌肉活动和平衡控制，从神经生理的角度研究恐高与认知加工的关系，研究者认为生理不平衡是视觉距离线索与用户和环境中的物体的距离不匹配引起的，高度不仅会引起主观恐惧和生理唤醒，还会引发平衡控制的改变^[13]。将用户暴露在不同的虚拟高度场景下，通过计算压力中心轨迹在前后和内侧维度的均方根和摇摆速度，发现有效的平衡调节依赖于持续监测传入的身体运动的视觉效果。当用户与环境距离越大时，视网膜周围的角位移变得越小。随着高度增加，用户必须摆动身体以保持视觉上的平衡。与一般认为的身体摆动与绝对高度的增加呈线性关系相反，肌肉活动在用户身

处20米处时达到饱和,且暴露后无显著降低。这种身体摆动是一种普遍的生理现象,由视觉高度认知影响生理平衡引起,似乎不受任何认知加工的影响^[23]。将用户暴露在虚拟高度中会引起与现实暴露相似的植物神经和姿势反应,且生理唤醒反应独立于用户的恐高程度,这一发现可为推广虚拟现实暴露疗法的应用提供证据。恐高某种程度上可理解为一种生理失衡现象,同时用户在高度条件下的反应模式也受到个体认知的影响。

4 虚拟现实暴露疗法干预恐高症的认知加工机制

4.1 临场感

假设消退是暴露疗法成功的关键机制,只有已激活的恐惧回路才能随着反复暴露而改变,因此暴露疗法旨在成功激活潜在恐惧的脑神经回路^[24, 25]。当用户感到他们是真实地存在于高度场景,这种刺激线索可以成功激发焦虑情绪,引起生理唤醒和行为反应。研究者发现,通过持续的暴露可以降低用户的焦虑和生理指标,并将行为改善继续应用在现实环境中。人们感觉到自己“存在”于虚拟环境中,这种“临场感”被定义为一种心理状态或主观感知,受到用户持续的注意力、模拟风、气味等的影响^[26]。研究表明,恐怖的虚拟场景提供的临场感更高,与中性场景相比,恐怖场景中临场感与情绪反应间的相关更高^[27]。反之,临场感对情绪的影响则更为复杂。一方面,中兴场景下临场感与焦虑情绪呈中等相关^[28];另一方面,由硬件设置导致的临场感的变化未对情绪反应造成影响^[29]。临场感是情绪唤起的必要条件,但是情绪一旦达到某个阈值便不受临场感增加的影响。这与人提出的临场感门户假说一致^[30]。

4.2 解释偏差

恐高用户对高度的判断存在解释偏差,以至于他们倾向于高估危险,并怀疑自己在身处高度情景时的应对能力。与非恐高用户相比,恐高用户过高地估计他们从高空坠落及因此受伤的可能性^[31, 32]。焦虑症的认知模型假设解释偏差会长时间维持焦虑情绪,最终导致焦虑症^[6],越来越多的研究表明,使用简单的范式直接操纵解释偏差是有可能的。斯坦曼(Steinman)和蒂奇曼(Teachman)训练用户将积极词汇与含糊不清的、包含高度信息的句子联系起来,减少对高度的消极解释。在两次认知解释偏差修正治疗前后,测量用户情绪和相关症状,并与仅暴露组和组合(认知解释偏差修正和暴露)条件比较发现,三种条件下恐高分数均显著下降且无显著差异,这与以往研究一致^[6, 33]。虽然两种干预措施都成功操纵了解释偏差,但仅有认知解释偏差修正范式能影响记忆偏差,修正记忆作认知解释偏差修正的一种机制,使用户在面对模棱两可情景时有更多的积极解释^[34]。意料之外情理之中的是,暴露条件和认知解释偏差修正对解释偏差有着相似的影响,符合认知行为干预理论提出的,使用不同方法减少恐惧会促进相似的认知改变的观点。

4.3 自我效能感

由于新经验违反了先前经验的负面结果预期,成功的暴露会增加焦虑用户的应对经验^[35],有助于提高恐高用户的自我效能感和应对能力^[36, 37]。研究者在暴露后立即激活用户的积极记忆,结合暴露期

间违反预期失败的评估有选择地增强自我效能感,提高用户在 VE 中的掌控感。在治疗及一个月的随访中,记忆激活组用户相对于控制组显示出自我效能感的提高,高度回避行为减少更明显。干预后用户的恐高症问卷得分均显著降低,这与使用自传式记忆激活来提高自我效能的研究相一致^[38, 39]。重新激活和评估掌握经验可以作为暴露治疗的一种策略,促进获得和巩固矫正经验的干预措施有助于提高基于 VRET 的治疗效果。

5 虚拟现实暴露疗法干预恐高症的脑机制

暴露过程中使用脑成像可以帮助治疗师实时客观地监测用户的神经反应,确定获得最佳治疗效果的暴露水平^[40]。以往研究使用的大脑成像技术会限制用户行动,致使用户无法看到周围环境和治疗师,且未有效平衡测量质量和反应的自然性^[41],且脑电本身空间分辨率较低^[42],易受运动伪影、电信号干扰^[43],因此人们对治疗期间发生的事情知之甚少^[44]。采用功能近红外光谱和沉浸式投影技术测量 VRET 过程中和治疗后的大脑变化为在 VR 中建立功能性磁共振成像和脑电之间的桥梁提供了方法^[41]。内侧前额叶皮质神经元与背外侧前额叶皮质神经元能抑制用户因恐惧刺激引起的杏仁核强烈活动,是一种通过重新评估负面情绪刺激促进对恐惧的认知控制的治疗策略^[45]。

基于上述研究,兰多夫斯卡(Landowska)等人、在治疗中和治疗间隔使用功能近红外光谱技术测量前额叶皮质中氧合血红蛋白浓度的变化发现,对照组和实验组的脑电活动无显著差异。短时间暴露在诱发恐惧的虚拟刺激中无法激活用户的背外侧前额叶皮质和内侧前额叶皮质,但前两次暴露之间的结果显示左侧背外侧前额叶皮质中氧合血红蛋白显著升高,表明用户在治疗后能够重新评估引起恐惧的刺激物^[41]。暴露治疗间激活的左侧偏侧化可能与先前的研究结果有关,即负刺激在右半球加工,正刺激在左半球加工。恐高程度较高的用户在暴露期间内侧前额叶皮质活性较低与抑制恐惧反应的能力较弱有关。VRET 诱导的大脑功能正常化无法立即发生,需要多次治疗触发与大脑相关的心理治疗效果,用户认知再评估后的抑制性学习出现在第三次治疗,该实验中每次暴露仅持续 15 分钟,可能不足以激发学习,这也是在前两次治疗中未能检测到治疗对大脑活动产生影响的原因。

使用区域间相关分析代谢连接性有助于更好地理解脑神经网络规模^[46],暴露期间的代谢变化可通过正电子发射计算机断层显像技术,在成像之外使用 18F-氟脱氧葡萄糖监控^[47]。贝赫尔(Verger)等人对此创建特殊的虚拟环境,在 VRET 前后 2 个月为用户进行 18F-氟脱氧葡萄糖的正电子显像技术扫描,结果表明,恐高用户治疗前行为回避测验得分与左枕部代谢呈正相关,治疗后左侧额上回和左中央前回代谢增强,这两个区域通常与传入感觉刺激有关,尤其是那些参与眼动协调的区域。治疗后左侧中央前回与双侧枕区代谢连接增强,视觉—运动系统网络内连接性增加可能是 VRET 导致的临床改善的原因。未发现用户代谢降低表明改善视觉运动功能区的新陈代谢可能是 VRET 有效的关键。该研究用户数量过少,并且没有设置健康用户的对照组,需要进一步地研究验证这些发现。

6 总结与展望

综上,以 VR 为基础的 VRET 构成了心理治疗方法的重要组成部分,充分的证据表明其在恐高症治疗领域的有效性,VR 三种不同硬件形式的暴露治疗均可以有效缓解恐高相关症状,且各有其利弊。本

研究从生理机制、认知机制及脑机制三个方面探讨了虚拟现实暴露疗法对恐高症的干预,目前的研究仍存在一些不足,未来可以从以下几个方面进行更为深入的探讨。

首先,脑电是一种客观的神经生理学方法,脑电信号能反映人的主观感受^[48]。明确各脑区与恐高情绪之间的关系,通过不同脑区的激活判断恐高程度,进一步鉴别恐高用户,可能在未来成为一种辅助诊断或评估治疗效果的工具。王(Wang)等人采集用户在地面和站高度条件下的脑电数据,通过时频分析发现 α 频段(8–13 Hz)和高 β 频段(20–30 Hz)对高度反应敏感。额区,特别是右侧额区和额内区对高度更为敏感。此外,右侧顶颞区也是高度敏感的重要区域。使用该方法对老年人恐高严重程度再测的准确率高达80%。通过确定各脑区机能,或可直接刺激脑区缓解恐高情绪。如直流电刺激杏仁核可增强人类陈述性记忆^[49]。

其次,神经生理指标的变化并不仅是恐高的特殊反应^[50]。迪莫(Diemer)等人发现暴露期间恐高用户的俯视时的心率明显高于对照组。但意外的是两组中存在类似的生理唤醒,即心率和皮肤电的增加,少数用户表现出的唾液皮质醇增加在应答率和反应幅度方面相一致。与主观恐惧不同,恐高用户的生理唤醒与对照组不存在显著差异。在高度或危险的情况下,恐高用户的生理反应模式与正常觉醒无本质区别,未来的研究或可进一步探究区分恐高与健康用户的生理反应模式,在此基础上深入理解恐高症治疗的生理机制。

最后,对运动状态错误感知而产生的包括一系列生理不适反应的晕屏症,是影响VRET效果的重要因素之一。根据感觉冲突理论,缺乏自主运动与环境中不匹配的感觉可能是晕屏症的成因^[51],用户在被动运动时,注视点产生的视觉移动不符合预期的感觉线索而导致的恶心感是一种适应,因为神经系统可能将这种感觉冲突归因于毒性物质,继而用呕吐反应排出毒性物质^[52],晕屏症是伴随着虚拟现实暴露产生的。不同于以往仅脱离致病的运动环境和药物为主的治疗,研究者发现,从认知层面来看,对环境背景的叙事或可缓解晕屏症状。假设真实环境和VE之间的高一致性会产生更高的记忆连续性和更低的环境脱节,丰富的背景叙述通过转移注意力,减少用户对内部不适症状的关注^[53]。从技术或暴露形式角度进行探索^[54],例如提供质量更好的场景,旋转运动时模糊屏幕^[55],减少场景转换的时间延迟^[56]等。此外,女性比男性更容易受到晕屏症的影响,关注个体差异探讨晕屏症成因机制,或可在未来研究中解决该问题。

综上所述,VRET作为现实疗法的替代和补充,已经在恐高症治疗领域证明了自己的重要作用。随着计算机技术的发展和VRET机制的深入了解,VR将更加广泛地应用于心理治疗领域,为更多人提供优质的医疗服务。

参考文献

- [1] Brandt T, Kugler G, Schniepp R, et al. Acrophobia impairs visual exploration and balance during standing and walking [J]. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 2015 (134): 37–48.
- [2] Huppert D, Grill E, Brandt T. Down on heights? One in three has visual height intolerance [J]. *Journal of Neurology*, 2013 (260): 597–604.
- [3] Wittchen H U, Jacobi F, Rehm J, et al. The size and burden of mental disorders and other disorders of the brain in Europe 2010 [J]. *European Neuropsychopharmacology*, 2011 (21): 655–679.

- [4] Takac M, Collett J, Blom K J, et al. Public speaking anxiety decreases within repeated virtual reality training sessions [J] . PLOS ONE, 2019, 14 (5) : e216288.
- [5] Hong Y, Kim H E, Jung Y H, et al. Usefulness of the Mobile Virtual Reality Self-Training for Overcoming a Fear of Heights [J] . Cyberpsychology, Behavior, and Social Networking, 2017, 20 (12) : 753-761.
- [6] Steinman S A, Teachman B A. Reaching new heights: Comparing interpretation bias modification to exposure therapy for extreme height fear [J] . Journal of Consulting and Clinical Psychology, 2014, 82 (3) : 404-417.
- [7] 王广新, 李立. 焦虑障碍的 VRET 研究述评 [J] . 心理科学进展, 2012, 20 (8) : 1277-1286.
- [8] Selzer M N, Gazcon N F, Larrea M L. Effects of virtual presence and learning outcome using low-end virtual reality systems [J] . Displays, 2019 (59) : 9-15.
- [9] Donker T, Van E S, Fischer N, et al. Ophobia – towards a virtual cure for acrophobia: study protocol for a randomized controlled trial [J] . Trials, 2018, 19 (1) : 433.
- [10] Diemer J, Mühlberger A, Pauli P, et al. Virtual reality exposure in anxiety disorders: Impact on psychophysiological reactivity [J] . The World Journal of Biological Psychiatry, 2014, 15 (6) : 427-442.
- [11] Freeman D, Haselton P, Freeman J, et al. Automated psychological therapy using immersive virtual reality for treatment of fear of heights: a single-blind, parallel-group, randomised controlled trial [J] . The Lancet Psychiatry, 2018, 5 (8) : 625-632.
- [12] Rothbaum B O, Garcia-Palacios A, Rothbaum A O. Treating anxiety disorders with virtual reality exposure therapy [J] . Revista de Psiquiatría y Salud Mental (English Edition), 2012, 5 (2) : 67-70.
- [13] Wuehr M, Bretkopf K, Decker J, et al. Fear of heights in virtual reality saturates 20 to 40 m above ground [J] . Journal of Neurology, 2019 (266) (S1) : 80-87.
- [14] Mühlberger A, Herrmann M J, Wiedemann G, et al. Repeated exposure of flight phobics to flights in virtual reality [J] . Behaviour Research and Therapy, 2001 (39) : 1033-1050.
- [15] Emmelkamp P M G, Bruynzeel M, Drost L, et al. Virtual reality treatment in acrophobia: a comparison with exposure in vivo [J] . Cyberpsychology and Behavior, 2001 (4) : 335-340.
- [16] Costa J P, Robb J, Nacke L E. Physiological acrophobia evaluation through in vivo exposure in a VR CAVE [C] . Canada: Games Media Entertainment, Oshawa, 2014.
- [17] Gromer D, Madeira O, Gast P, et al. Height Simulation in a Virtual Reality CAVE System: Validity of Fear Responses and Effects of an Immersion Manipulation [J] . Frontiers in Human Neuroscience, 2018 (12) .
- [18] Donker T, Cornelisz I, Klavereen C, et al. Effectiveness of Self-guided App-Based Virtual Reality Cognitive Behavior Therapy for Acrophobia: A Randomized Clinical Trial [J] . JAMA Psychiatry, 2019, 76 (7) : 682.
- [19] Juan M C, Pérez D. Comparison of the Levels of Presence and Anxiety in an Acrophobic Environment Viewed via HMD or CAVE [J] . Presence: Teleoperators and Virtual Environments, 2009, 18 (3) : 232-248.
- [20] Price M, Anderson P. The role of presence in virtual reality exposure therapy [J] . Anxiety Disorder, 2007 (21) : 742-751.
- [21] Krijn M, Emmelkamp P M, Olafsson R P, et al. Virtual reality exposure therapy of anxiety disorders: a review [J] . Clinical Psychology Review, 2004 (24) : 259-81.
- [22] Jr L V. A discussion of cybersickness in virtual environments [J] . ACM SIGCHI Bulletin, 2000.

- [23] Brandt T, Arnold W, Bles W, et al. The mechanism of physiological height vertigo. I. theoretical approach and psychophysics [J]. *Acta Oto-Laryngologica*, 1980, 89 (5/6) : 513-523.
- [24] Craske M G, Liao B, Brown L, et al. The role of inhibition in exposure therapy [J]. *Journal of Experimental Psychopathology*, 2012 (3) : 322-345.
- [25] Foa E B, Kozak M J. Emotional processing of fear: exposure to corrective information [J]. *Psychological Bulletin*, 1986 (99) : 20-35.
- [26] Krijn M, Emmelkamp P M G, Biemond R, et al. Treatment of acrophobia in virtual reality: The role of immersion and presence [J]. *Behavior Research and Therapy*, 2004, 42 (2) : 229-239.
- [27] Alsina-Jurnet I, Gutiérrez-Maldonado J, Rangel-Gómez M. The role of presence in the level of anxiety experienced in clinical virtual environments [J]. *Computers in Human Behavior*, 2011 (27) : 504-512.
- [28] Ling Y, Nefs H T, Morina N, et al. A meta-analysis on the relationship between self-reported presence and anxiety in virtual reality exposure therapy for anxiety disorders [J]. *PLoS One*, 2014, 9 (5) .
- [29] Gromer D, Reinke M, Christner I, et al. Causal Interactive Links Between Presence and Fear in Virtual Reality Height Exposure [J]. *Frontiers in Psychology*, 2019 (10) .
- [30] Felnhöfer A, Kothgassner O D, Hetterle T, et al. Afraid to be there? Evaluating the relation between presence, self-reported anxiety, and heart rate in a virtual public speaking task [J]. *Cyberpsychology, Behavior, and Social Networking*, 2014 (17) : 310-316.
- [31] Menzies R G, Clark J C. Danger expectancies and insight in acrophobia [J]. *Behavior Research and Therapy*, 1995 (33) : 215-221.
- [32] Williams S L, Watson N. Perceived danger and perceived self-efficacy as cognitive determinants of acrophobic behavior [J]. *Behavior Therapy*, 1985, 16 (2) : 136-146.
- [33] Teachman B A, Marker C D, Clerkin E M. Catastrophic misinterpretations as a predictor of symptom change during treatment for panic disorder [J]. *Journal of Consulting and Clinical Psychology*, 2010, 78 (6) : 964-973.
- [34] Hertel P, Vasquez E, Benbow A, et al. Recollection is impaired by the modification of interpretation bias [J]. *Journal of Abnormal Psychology*, 2011, 120 (4) : 902-910.
- [35] Raeder F, Woud M L, Schneider S, et al. Reactivation and Evaluation of Mastery Experiences Promotes Exposure Benefit in Height Phobia [J]. *Cognitive Therapy and Research*, 2019, 43 (5) : 948-958.
- [36] Goldin P R, Ziv M, Jazaieri H, et al. Cognitive reappraisal self-efficacy mediates the effects of individual cognitive-behavioral therapy for social anxiety disorder [J]. *Journal of Consulting and Clinical Psychology*, 2012 (80) : 1034.
- [37] Gallagher M W, Payne L A, White K S, et al. Mechanisms of change in cognitive behavioral therapy for panic disorder: The unique effects of self-efficacy and anxiety sensitivity [J]. *Behavior Research and Therapy*, 2013 (51) : 767-777.
- [38] Brown A D, Kouri N A, Rahman N, et al. Enhancing self-efficacy improves episodic future thinking and social-decision making in combat veterans with posttraumatic stress disorder [J]. *Psychiatry Research*, 2016 (242) : 19-25.
- [39] Morina N, Bryant R A, Doolan E L, et al. The impact of enhancing perceived self-efficacy in torture survivors [J]. *Depression and Anxiety*, 2017 (35) : 58-64.
- [40] Brouwer A M, Neerinx M A, Kallen V, et al. EEG α asymmetry, heart rate variability and cortisol in

- response to virtual reality induced stress [J]. *Cyber Therapy & Rehabilitation*, 2011 (4): 27.
- [41] Landowska A, Roberts D, Eachus P, et al. Within- and Between-Session Prefrontal Cortex Response to Virtual Reality Exposure Therapy for Acrophobia [J]. *Frontiers in Human Neuroscience*, 2018 (12).
- [42] Fazli S, Mehnert J, Steinbrink J, et al. Enhanced performance by a hybrid NIRS-EEG brain computer interface [J]. *Neuroimage*, 2012 (59): 519-529.
- [43] Islam M K, Rastegarnia A, Yang Z. Methods for artifact detection and removal from scalp EEG: a review [J]. *Neurophysiology Clinic*, 2016 (46): 287-305.
- [44] Åhs F, Gingnell M, Furmark T, et al. Within-session effect of repeated stress exposure on extinction circuitry function in social anxiety disorder. *Psychiatry Research* [J]. *Neuroimaging*, 2017 (261): 85-90.
- [45] Ochsner K N, Bunge S A, Gross J J, et al. Rethinking feelings: an fMRI study of the cognitive regulation of emotion [J]. *Cognitive Neuroscience*, 2002 (14): 1215-1229.
- [46] Yakushev I, Drzezga A, Habeck C. Metabolic connectivity: methods and applications [J]. *Current Opinion Neurology*, 2017 (30): 677-85.
- [47] Verger A, Malbos E, Reynaud E, et al. Brain metabolism and related connectivity in patients with acrophobia treated by virtual reality therapy: an 18F-FDG PET pilot study sensitized by virtual exposure [J]. *EJNMMI Research*, 2018, 8 (1).
- [48] Wang H, Wang Q, Hu F. Are you afraid of heights and suitable for working at height? [J]. *Biomedical Signal Processing and Control*, 2019 (52): 23-31.
- [49] Inman C S, Manns J R, Bijanki K R, et al. Direct electrical stimulation of the amygdala enhances declarative memory in humans [J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2018, 115 (1): 98-103.
- [50] Diemer J E, Lohkamp N, Mühlberger A, et al. Fear and physiological arousal during a virtual height challenge—effects in patients with acrophobia and healthy controls [J]. *Anxiety Disorders*, 2016 (37): 30-39.
- [51] Reason J T. Motion sickness adaptation: A neural mismatch model [J]. *Journal of the Royal Society of Medicine*, 1978, 71 (11): 819-829.
- [52] Palmisano S, Mursic R, Kim J. Vection and cybersickness generated by head-and-display motion in the Oculus Rift [J]. *Displays*, 2017 (46): 1-8.
- [53] Weech S, Kenny S, Lenizky M, et al. Narrative and Gaming Experience Interact to Affect Presence and Cybersickness in Virtual Reality [J]. *International journal of human-computer studies*, 2020 (138).
- [54] Chen D, Bao B, Zhao Y, et al. Visually induced motion sickness when viewing visual oscillations of different frequencies along the fore-and-aft axis: keeping velocity constant versus amplitude constant [J]. *Ergonomics*, 2016, 59 (4): 582-590.
- [55] Budhiraja P, Miller M R, Modi A K, et al. Rotation Blurring: Use of Artificial Blurring to Reduce Cybersickness in Virtual Reality First Person Shooters [J]. 2017.
- [56] Draper M H, Viire E S, Furness T A, et al. Effects of image scale and system time delay on simulator sickness within head-coupled virtual environments [J]. *Human Factors Ergonom*, 2001, 43 (1): 129-146.

The Form and Mechanism of Virtual Reality Exposure Therapy in the Intervention of Acrophobia

Chen Guo Wang Guangxin

Beijing Forestry University, Beijing

Abstract: Acrophobia seriously affects people physical and mental functions. Research has proved that the treatment effect of virtual reality exposure therapy on acrophobia can be comparable to that of real exposure therapy, and people are always protected and safe in the virtual environment. Although virtual reality exposure includes a variety of technologies and hardware forms, its intervention mechanism on acrophobia is still based on physiological level, cognitive level and brain level. Future research should be based on physiological and brain mechanisms, further explore new forms of evaluation and treatment of acrophobia, and reduce the negative impact of virtual reality exposure therapy based on cognitive perspective and new technology.

Key words: Virtual reality exposure therapy; Acrophobia; Physiological mechanism; Cognitive mechanism; Brain mechanism