

虚拟现实应用于孤独症谱系障碍儿童康复训练的国际研究动向

刘婷婷¹ 刘箴² 王瑾¹ 欧阳孟林³

¹ 宁波大学科学技术学院, 宁波 315212; ² 宁波大学信息科学与工程学院, 宁波 315211;

³ 宁波大学医学院附属医院, 宁波 315020

通信作者: 刘箴, Email: liuzhen@nbu.edu.cn

【摘要】 对患有孤独症谱系障碍(ASD)的儿童进行康复训练能够有效提高患儿的生存质量,但传统的训练手段有一定的局限性,需要花费大量的人力物力且难以突破地域的限制。随着信息技术的发展,虚拟现实技术正在成为一种有效的康复训练辅助手段,本文总结了目前国际上虚拟现实在 ASD 康复训练中的一些最新研究,讨论了虚拟现实在实际应用过程中可能遇到的问题,旨在为进一步推进虚拟现实技术在 ASD 康复训练中的应用提供参考。

【关键词】 虚拟现实; ASD; 康复训练

基金项目: 宁波市科技计划项目(2019C50024, 2019C50081); 浙江省医药卫生科技计划项目(2019PY077)

Funding: Ningbo Science and Technology Plan Project(2019C50024, 2019C50081); Zhejiang Province Medicine and Health Project(2019PY077)

DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2020.12.022

孤独症谱系障碍(autism spectrum disorder, ASD)是一组以社会交往和社会交流缺陷以及限制性重复性行为、兴趣和活动范围狭窄为主要特征的神经发育障碍性疾病。ASD 会极大地影响患者的生存质量,但可以通过康复训练来改善相应的症状。对于年龄较小的 ASD 患者来说,早发现、早干预、早治疗,能取得更好的疗效。对于大龄 ASD 患者来说,需要进行融入社会的相应训练。比如大多数患有 ASD 的高中生需要进行生活技能培训^[1]。然而,治疗机构和治疗人员数量上的不足使得无数家庭需要在康复训练上花费大量的时间、精力和金钱。

随着虚拟现实技术的发展,人们开始探讨将该技术应用于 ASD 康复训练的可能性。目前的研究表明,这一技术可以提高 ASD 儿童的情感识别,社会归因,注意力和执行等能力,能够实现 ASD 儿童的康复训练^[2]。但是,目前这一技术只能作为传统的各类康复方法和技术的辅助方法,在训练内容、方式、手段和算法上都有许多需要解决的问题。鉴于国外在 ASD 儿童康复训练方面的研究启动得较早,下文将主要就国际上在这方面的成果经验进行探讨,以吸取经验,探讨其中存在的问题。

传统的干预措施

了解何为有效的干预措施是设计康复系统的前提条件。经过多年的积累,传统的干预措施已形成了一套系统有效的流程和教学方法。使用虚拟现实对 ASD 儿童进行训练时,必须借鉴这些传统的流程和教学方法,将之融合进虚拟的教学场景,以设计出更合理的治疗方案,保证康复训练的效果。目前已有的一些研究提供了相关的科研依据。如对于常见的同伴介入法, Bambara 等^[3]的研究发现,其对 ASD 患者在对话发起能力,提问和跟进问题的能力,参与对话的能力等方面均有所帮助。这为后期在训练系统中加入虚拟人提供了科学依据。LaMarca

等^[4]使用了声学指导教学法(TAGteach)来帮助 ASD 儿童获取相关行为能力以参与神经反馈训练(NFT)和任务依赖的脑电图测量,研究显示,该方法可以用来指导 ASD 儿童配合神经反馈研究和任务依赖性脑电图测试。Murphy 等^[5]探讨了使用个人建构理论(个人对周围世界的看法、解释和赋予意义的过程)来定性分析影响 ASD 儿童社会关系管理的因素并由此得出了一些结论。该方法可以帮助理解 ASD 儿童的感受,为制订相应的社交技能培训提供参考。Vener 等^[6]详细描述了对 ASD 儿童行为干预的过程,展示了手动提示的实施的撤出方案,并展示了手动提示撤出和独立完成不同任务之间的关系,对在系统中设置提示机制有很好的参考意义。

基于虚拟现实的干预方法

传统的方法对于人的依赖性很大,需要培训者具有充分的专业知识、互动技巧和耐心。而计算机技术在合理设计的前提下,可以继承专家经验知识,以无限的重复来强调训练效果,并让 ASD 儿童乐于接受,是目前传统治疗方法的一个有效补充手段。通过对 PubMed、WoS 和 SJR 数据库上近几年(2010 年至 2018 年)发表文献的全面检索, Mesa-Gresa 等^[7]已为虚拟现实技术在 ASD 治疗中的有效性提供了直接的证据。一般来说,使用虚拟现实技术对 ASD 儿童进行康复训练的过程中,主要需关注以下三个方面的问题。

一、剧情和场景的构建

对 ASD 儿童进行康复训练往往需要让他们置身于一个虚拟场景之中。这些场景映射了现实世界,并带有现实世界的剧情。Kandalafi 等^[8]构造了一个模拟现实生活情景的虚拟环境来干预高功能 ASD 患者的社会交往能力。Ghanouni 等^[9]设计了一个包含 75 个情景故事的虚拟现实系统,这些情景故事发

生在家庭、学校和社区,覆盖了 ASD 儿童的主要可能活动区域;为得到较好的治疗效果,Ghanouni 等^[9]让 63 例 ASD 患者及其父母和临床医生参与了两轮的在线反馈及修订,以完善故事。Ip 等^[10]遵循相应的心理教育原则和程序,开发了 6 个独特的学习场景,其中一个侧重于情绪控制和放松,4 个模拟各种社交场景,一个促进整合和概括,之后让 94 例年龄在 6~12 岁的儿童参加了为期 14 周的 28 节课程,通过评估课程前后的各项指标,发现 ASD 儿童在情绪表达、调节和社会交往方面的能力均有明显改善。

二、人机交互技术

由于 ASD 儿童的特殊性,无法像普通用户一样与计算机进行自如地交互,因此,目前在康复训练中比较常见的有手势、体感、语音、眼动等交互方式。Zhao 等^[11]提出的系统中,2 例 ASD 儿童使用简单的手势互相配合着移动虚拟对象,在虚拟现实环境中玩一系列交互式游戏,训练过程中还可以使用注视和语音通讯来共享信息和讨论游戏策略,这对 ASD 患者融入集体环境非常有帮助。Cai 等^[12]也让 ASD 儿童用手势来与虚拟海豚进行互动。Lala 等^[13]设计的系统中,使用了 Kinect 和 Pressurepad 来捕捉用户的行为动作,考虑到 ASD 儿童的沟通障碍可能与其眼睛注释模式相关,Lahiri 等^[14]开发了一套可以对注视自适应响应的 VR 动态眼动追踪系统,该系统能够在基于 VR 的交互期间对 ASD 儿童的动态注视提供个性化的反馈。

为了评估用户的学习状态和效果,除了常见的测试手段之外,计算机技术也可以通过眼动监测结合生理数据来对用户的状态进行评估。Bekele 等^[15]就在其设计的 VR 面部情绪表现系统中跟踪了 ASD 青少年的眼动和生理数据。Krishnappa-Babu 等^[16]设计了一个注视敏感的虚拟现实社交沟通平台,通过技术增强的眼动跟踪设施,对 ASD 患者在执行言语相关和非言语相关社会任务时的表现和与实时注视相关的指数进行了评测。Kuriakose 等^[17]则在系统中通过光电容积描记、皮肤温度和皮电活动来监测 ASD 用户的焦虑状态,这些监测方式可以设计更舒适、个性化的训练平台,能针对不同的个体调整训练的内容以达到最好的训练效果。

三、虚拟人技术

从传统的干预方式和经验可知,在干预的过程中加入指导和陪伴可以提高训练的效果。因此,可以在康复系统中加入虚拟人来实现这部分功能。Hopkins 等^[18]让虚拟人展示不同的表情来训练 ASD 儿童的表情识别,并提供眼神训练,来改善他们的社交能力。Pacella 等^[19]用带有不同情绪的虚拟人来训练用户改变他人情绪的能力。Marissa 等^[20]将虚拟人应用到了教学中,训练 ASD 儿童的问候,谈话技巧,听力等方面的社交技能。Jyoti 等^[21]设计了一个虚拟现实系统,使用虚拟人对 ASD 儿童进行联合注意干预,其给出的提示有 3 种类型,即基于注视的提示、基于转头和注视提示的组合,以及基于转头、注视和手指指向的提示组合。

为了让虚拟人更具有真实性,研究者在外在方面做了不少努力。De Lima 等^[22]从虚拟人的外观入手,使用视频序列,用真实演员来代替 2D/3D 虚拟角色。这些演员先在绿色幕布前被多台摄像机拍摄,完成各种情绪状态和与叙事情境下的表情动作,然后被合成到场景中。Bahman 等^[23]选择使用真人的录音而不是合成语音,并让虚拟人的嘴的动作与声音同步,且从

用户的反馈中得知提供一些虚拟人性格特征(性别、年龄、口音等)的选择也是有帮助的。

研究表明,有情感表现力的虚拟人会被认为更可信^[24],对虚拟人真实性影响最大的还是其情感的表现力。为了建立具有情感表现力的虚拟人,必须要设计相应的认知结构。Pérez 等^[25]提出了一种新的认知情感架构,该架构以 Soar 作为基础认知架构,拥有分层情绪模型,这种架构使虚拟人拥有强大的认知架构所提供的所有可能性,适合开发与人类行为相似的可信的虚拟人。也有一些学者认为,虚拟人不应该无所不知,应该像人类一样适当犯错。因此,Carvalho 等^[26]将错误引入虚拟人的知识中,将物理特征的组合与允许错误的预定义属性组合相关联,使虚拟人具有非最优但仍然连贯、可信的行为。

综上所述,使用 VR 技术进行 ASD 治疗是具有积极的临床意义的,但需要对 VR 系统(硬件和软件)进行标准化以及对操作建立一定的协议,以在临床上可以得到令人信服的受控研究结果^[27]。而在 VR 系统中加入带情绪的虚拟人则能更好地实现情景化的技能培训。目前这方面的研究还很初步,虚拟人模型较为简单,交互手段还不够丰富。

可能存在的问题

在 ASD 儿童的康复训练中,虚拟现实技术无疑是有效且易于使用的,但目前该技术并未得到广泛的使用,且不少人对此抱有怀疑态度,其主要问题如下:①未能很好地结合专家意见,遵循科学的干预标准——将计算机技术应用于医疗康复本身属于交叉学科的研究范围,需要多领域专家的共同努力,目前市场上有部分企业存在急功近利的思想,只是套用了虚拟现实的名头,使用了计算机的技术,并未对 ASD 本身和用户需求作深入了解,用自己构想的剧本来进行康复训练,势必不能起到良好的效果;Jaliaawala 等^[28]在其综述中指出,尽管目前各类技术手段的前景非常光明,但临床的应用却比较弱,其中的关键就是各学科团体之间存在认知差距,研究未遵循特定的标准;②现有技术尚不能完美实现自然便捷的康复——由于 ASD 儿童的特性,使用传统的人机交互手段很难顺畅地完成康复过程,现有的技术在实现自然的人机交互过程中仍有一些关键问题需要解决,有待进一步地发展;③相关架构、算法尚需进一步加强——在传统治疗过程中,治疗师能根据 ASD 儿童的现场反应实时调整康复内容和实施方式,但目前虚拟现实康复中较少考虑多模态信息融合和康复内容、方式的实时更新调整。因此从效果上来看与传统手段尚有距离;④完全抛弃传统方法——使用虚拟现实技术并不意味着对传统方法的抛弃,ASD 的特殊性使得患者的表现千差万别,因此,在实施的过程中,特别是评测阶段,一定要有专家的再次把关,以确定疗效并为下一步的治疗设计合理的方案,治疗师带着技术一起干预,将会带来更好的治疗效果^[29];⑤对心理学及伦理学方面可能引发的问题关注不够——ASD 儿童通常对电子产品非常感兴趣,如何在治疗的过程中设计防沉溺措施是需要关注的问题。

判断一个虚拟现实康复训练系统是否有效,主要看 ASD 患者是否能在康复系统中掌握的知识和经验转化为对现实世界的理解并发生自然的应对行为。所以当虚拟现实系统研发结束后,需要进行系统的用户测试。只有用户能将在该系统中掌握的技能应用于现实生活时,才能认为该虚拟康复系统

是有效的。一个有效的虚拟康复系统的实现需要融合多学科的知识以达到良好的训练效果。

综上所述,从目前国际上的研究成果来看,使用虚拟现实丰富了现有的康复手段,特别是虚拟现实中心体交互和智能虚拟人技术,能够极大地提升康复训练的体验感。通过合适的康复训练剧情,可以帮助患者学会在一定虚拟情境下的技能,但目前的虚拟现实康复技术并未在临床上广泛使用,只是作为传统康复方式的一种辅助手段。因此,今后应用虚拟现实技术进行 ASD 康复训练时,需要进行科学严谨地设计训练方案和评测训练结果。

参 考 文 献

- [1] Chiang HM, Ni X, Lee YS. Life skills training for middle and high school students with autism[J]. *J Autism Dev Disord*, 2017, 47(4): 1113-1121. DOI: 10.1007/s10803-017-3028-1.
- [2] Didehban N, Allen T, Kandalaft M, et al. Chapman S. Virtual Reality Social Cognition Training for children with high functioning autism [J]. *COMPUT HUM BEHAV*, 2016, 62(2): 703-711. DOI: 10.1016/j.chb.2016.04.033.
- [3] Bambara LM, Cole CL, Chovanec J, et al. Improving the assertive conversational skills of adolescents with autism spectrum disorder in a natural context[J]. *Res Autism Spect Dis*, 2018, 48(1): 1-16. DOI: 10.1016/j.rasd.2018.01.002.
- [4] LaMarca K, Gevirtz R, Lincoln AJ, et al. Facilitating neurofeedback in children with autism and intellectual impairments using TAGteach[J]. *J Autism Dev Disord*, 2018, 48(6): 2090-2100. DOI: 10.1007/s10803-018-3466-4.
- [5] Murphy M, Burns J, Kilbey E. Using personal construct methodology to explore relationships with adolescents with Autism Spectrum Disorder [J]. *Res Dev Disabil*, 2017, 70(1): 22-32. DOI: 10.1016/j.ridd.2017.08.006.
- [6] Vener SM, Wichnick-Gillis AM, Badala D, et al. Increasing behavior incompatible with catatonia in a young adolescent girl with autism spectrum disorder[J]. *Res Autism Spect Dis*, 2019, 57(1): 7-18. DOI: 10.1016/j.rasd.2018.09.006.
- [7] Mesa-Gresa P, Gil-Gómez H, Lozano-Quijis JA, et al. Effectiveness of virtual reality for children and adolescents with autism spectrum disorder: an evidence-based systematic review[J]. *Sensors*, 2018, 18(8): 2486. DOI: 10.3390/s18082486.
- [8] Kandalaft MR, Didehban N, Krawczyk DC, et al. Virtual reality social cognition training for young adults with high-functioning autism [J]. *J Autism Dev Disord*, 2013, 43(1): 34-44. DOI: 10.1007/s10803-012-1544-6.
- [9] Ghanouni P, Jarus T, Zwicker JG, et al. Social stories for children with autism spectrum disorder: validating the content of a virtual reality program[J]. *J Autism Dev Disord*, 2019, 49(2): 660-668. DOI: 10.1007/s10803-018-3737-0.
- [10] Ip HHS, Wong SWL, Chan DFY, et al. Enhance emotional and social adaptation skills for children with autism spectrum disorder: a virtual reality enabled approach [J]. *Comput Educ*, 2018, 117(1): 1-15. DOI: 10.1016/j.compedu.2017.09.010.
- [11] Zhao H, Swanson A, Weitlauf A, et al. Hand-in-hand: a communication-enhancement collaborative virtual reality system for promoting social interaction in children with autism spectrum disorders[J]. *IEEE Trans Hum Mach Syst*, 2018, 48(2): 136-148. DOI: 10.1109/THMS.2018.2791562.
- [12] Cai Y, Chia NKH, Thalmann D, et al. Design and development of a virtual dolphinarium for children with autism[J]. *IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng*, 2013, 21(2): 208-217. DOI: 10.1109/tnsre.2013.2240700.
- [13] Lala D, Nishida T. A data-driven passing interaction model for embodied basketball agents[J]. *J Intell Inform Syst*, 2017, 48(1): 27-60. DOI: 10.1007/s10844-015-0386-z.
- [14] Lahiri U, Bekele E, Dohrmann E, et al. Design of a virtual reality based adaptive response technology for children with autism[J]. *IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng*, 2013, 21(1): 55-64. DOI: 10.1109/tnsre.2012.2218618.
- [15] Bekele E, Zheng Z, Swanson A, et al. Understanding how adolescents with autism respond to facial expressions in virtual reality environments [J]. *IEEE Trans Vis Comput Graph*, 2013, 19(4): 711-720. DOI: 10.1109/tvcg.2013.42.
- [16] Krishnappa-Babu PR, Oza P, Lahiri U. Gaze-sensitive virtual reality based social communication platform for individuals with autism[J]. *IEEE Trans Affect Comput*, 2018, 9(4): 450-462. DOI: 10.1109/TAFFC.2016.2641422.
- [17] Kuriakose S, Lahiri U. Understanding the psycho-physiological implications of interaction with a virtual reality-based system in adolescents with autism: a feasibility study[J]. *IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng*, 2015, 23(4): 665-675. DOI: 10.1109/tnsre.2015.2393891.
- [18] Hopkins IM, Gower MW, Perez TA, et al. Avatar assistant: improving social skills in students with an asd through a computer-based intervention[J]. *J Autism Dev Disord*, 2011, 41(11): 1543-1555. DOI: 10.1007/s10803-011-1179-z.
- [19] Pacella D, López-Pérez B. Assessing children's interpersonal emotion regulation with virtual agents: the serious game emodiscovery [J]. *Comput Educ*, 2018, 123(1): 1-12. DOI: 10.1016/j.compedu.2018.04.005.
- [20] Marissa M, Parimala R, Richard L, et al. Personalisation and automation in a virtual conversation skills tutor for children with autism[J]. *J Multimodal User In*, 2018, 12(3): 257-269. DOI: 10.1007/s12193-018-0272-4.
- [21] Jyoti V, Lahiri U. Human-computer interaction based joint attention cues: implications on functional and physiological measures for children with autism spectrum disorder[J]. *Comput Hum Behav*, 2020, 104(3): 106163.1-106163.14. DOI: 10.1016/j.chb.2019.106163.
- [22] De Lima ES, Feijó Bruno, Furtado AL. Video-based interactive storytelling using real-time video compositing techniques [J]. *Multimed Tools Appl*, 2018, 77(2): 2333-2357. DOI: 10.1007/s11042-017-4423-5.
- [23] Bahman M, Daniel B, Traci W, et al. Dementia detection using automatic analysis of conversations [J]. *Comput Speech Lang*, 2019, 53(1): 65-79. DOI: 10.1016/j.csl.2018.07.006.
- [24] Volante M, Babu SV, Chaturvedi H, et al. Effects of virtual human appearance fidelity on emotion contagion in affective inter-personal simulations[J]. *IEEE Trans Vis Comput Graph*, 2016, 22(4): 1326-1335. DOI: 10.1109/TVCG.2016.2518158.
- [25] Marco JP, Arbeloa FJS, Bagdasari EC. Combining cognition and emotion in virtual agents [J]. *Kybernetes*, 2017, 46(6): 933-946. DOI: 10.1108/K-11-2016-0340.

- [26] Carvalho DB, Clua EG, Pozzer CT, et al. Simulated perceptions for e-mergent storytelling[J]. Comput Intell, 2017, 33(4): 605-628. DOI: 10.1111/coin.12088.
- [27] Fridhi A, Benzarti F, Frihida A, et al. Application of virtual reality and augmented reality in psychiatry and neuropsychology, in particular in the case of autistic spectrum disorder (ASD) [J]. Neurophysiology, 2018; 50(3): 222-228. DOI: 10.1007/s11062-018-9741-3.
- [28] Jaliaawala MS, Khan RA. Can autism be catered with artificial intelligence-assisted intervention technology? A comprehensive survey [J]. Artif Intell Rev, 2020, 53: 1039-1069. DOI: 10.1007/s10462-019-09686-8.
- [29] Khowaja K, Salim SS, Asemi A, et al. A systematic review of modalities in computer-based interventions (CBIs) for language comprehension and decoding skills of children with autism spectrum disorder (ASD) [J]. Universal Access Inf, 2020, 19: 213-243. DOI: 10.1007/s10209-019-00646-1.
- (修回日期: 2020-11-12)
(本文编辑: 汪 玲)

· 读者 · 作者 · 编者 ·

本刊对参考文献的有关要求

执行 GB/T 7714-2005《文后参考文献著录规则》。采用顺序编码制著录, 依照其在文中出现的先后顺序用阿拉伯数字标出, 并将序号置于方括号中, 排列于文后。内部刊物、未发表资料(不包括已被接受的待发表资料)、个人通信等请勿作为文献引用。日文汉字请按日文规定书写, 勿与我国汉字及简化字混淆。同一文献作者不超过 3 人全部著录; 超过 3 人只著录前 3 人, 后依文种加表示“等”。作者姓名一律姓氏在前、名字在后, 外国人的名字采用首字母缩写形式, 缩写名后不加缩写点; 不同作者姓名之间用“,” 隔开, 不用“和”、“and”等连词。题名后请标注文献类型标志。文献类型标志代码参照 GB 3469-1983《文献类型与文献载体代码》, 如参考文献类型为杂志, 请于参考文献末尾标注 DOI 号。中文期刊用全名。示例如下。

- [1] 陈登原. 国史旧闻[M]. 北京: 中华书局, 2000: 29.
- [2] 胡永善. 运动功能评定//王茂斌. 康复医学[M]. 2 版. 北京: 人民卫生出版社, 2002: 67-78.
- [3] 刘欣, 申阳, 洪葵, 等. 心脏性猝死风险的遗传检测管理[J]. 中华心血管病杂志, 2015, 43(9): 760-764. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0253-3758.2015.09.003.
- [4] Mahowald ML, Krug HE, Singh JA, et al. Intra-articular Botulinum Toxin Type A: a new approach to treat arthritis joint pain[J]. Toxicon, 2009, 54(5): 658-667. DOI: 10.1016/j.toxicon.2009.03.028.
- [5] 余建斌. 我们的科技一直在追赶: 访中国工程院院长周济[N/OL]. 人民日报, 2013-01-12(2). [2013-03-20]. http://paper.people.com.cn/rmrb/html/2013-01/12/nw.D110000renmrb_20130112_5-02.htm.