

虚拟现实技术在自闭症谱系障碍患者中的应用进展

徐鑫洁¹ 杨柳¹ 周庆^{2*}

1. 湖州师范学院 浙江湖州 313000

2. 湖州市中心医院 浙江湖州 313000

摘要：介绍虚拟现实技术在自闭症谱系障碍患者社会功能障碍、情感认知障碍和语言训练障碍中的应用现状，指出未来虚拟现实技术使用的新方向。帮助自闭症康复领域的研究人员和实践工作者更好地了解虚拟现实技术使用的现状和前景，从而为更好地开展自闭症病人的康复与护理提供借鉴。

关键词：虚拟现实技术；自闭症；社会功能；情感认知；语言训练；综述

自闭症谱系障碍（ASD）是一种神经发育状况，其特征是在各种背景下的社会交流、互动、语言、认知和行为活动中存在困难。它是一种发病率较高的心理健康问题^[1]，严重影响儿童的健康。现阶段，该病发病率有逐年递增趋势，从其发病机制来看，目前学术界还未达成一致认识，因此在治疗中难以取得明显的疗效^[2,3]。为了解决这些问题，传统的干预方法通常需要在训练有素的专业人员的直接监督下获得密集的支持。然而，由于无法负担的干预费用或缺乏合格的治疗师^[4]，许多ASD患者并不总是能够获得专业护理和便利设施，这就需要开发新的有效工具来评估和干预ASD。近年来，虚拟现实（VR）技术的发展及其在休闲和教育方面的应用取得了快速进展。VR也作为一种有效的方法出现在健康领域的各个领域，如诊断^[5,6]、康复^[7]、手术训练^[8]和心理健康治疗^[9]。该技术的广泛应用激发了许多研究人员考虑实施VR技术用于评估和治疗ASD的潜力和有效性^[10,11]。本研究通过综述目前虚拟现实技术在自闭症谱系障碍患者社交功能障碍、情感认知障碍和语言训练障碍中的应用情况，旨在为促进自闭症谱系障碍患者的康复与护理，减轻临床医生和心理治疗师的工作压力提供借鉴。

1 虚拟现实技术的定义

VR技术是利用仿真技术与计算机图形学、人机接口技术和多媒体技术等多种尖端技术建立一个三维的虚拟世界，让用户投入到该环境中通过一个媒介或用户的手势、动作、表情、语音，甚至眼球或电脑波实现与虚拟信息进行交互，产生多感官的反馈^[12]。不同的研究和学科对VR的定义进行了不同的处理^[13]。尽管存在区别，但它们的共同点在于使

用虚拟数据来改变用户周围的物理世界。

2 虚拟现实技术的应用

2.1 社会功能

社会功能方面的问题，例如，失业、社交技能受损、社会动机低、高度社交焦虑、社会回避等在ASD人群中很常见^[14,15]。有一些临床证据表明，基于VR的系统可以对ASD患者的社会功能产生越来越积极的影响。在辅助技术，尤其是VR的帮助下，ASD参与者在社会任务绩效^[16]、沟通能力、对社会突发事件的敏感性^[17]、社会能力和执行功能方面表现出改善。还有证据表明，在实时、计算机介导的社交空间中，ASD患者可以像受控制一样执行社交任务，这表明使用VR界面可以帮助弥补他们的社会障碍^[17]。近年来，研究人员一直在开发VR代理、系统和平台，为自闭症患者提供社会功能培训。例如，Bernardini等人^[18]创建了一个名为Andy的基于自主规划的代理。这是一款旨在帮助患有ASD的幼儿获得社会沟通技能的严肃游戏^[19]。在类似游戏的干预计划中，代理Andy总是积极的、激励的和支持的，并且扮演着多样化的角色，包括为ASD儿童提供视觉和语言组织支持的导师，以及为他们提供定制的人际支持并让他们接触积极互动的同伴。该系统与代理一起已经在英国的五所学校部署，并在一项为期八周的涉及19名自闭症儿童的干预研究中被证明在改善社会行为方面是有效的^[18]。Andy等自主虚拟代理可以为自闭症儿童所需的一对一支持做出贡献，可进一步缓解临床医生和家长对这种支持的需求。Kandalafi等人^[20]专注于社会功能的更全面发展，并开发了虚拟现实社会认知训练（VR-SCT）干预，这是一种半

结构化、人工化的干预，为年轻人提供基于虚拟现实的有意义的社会场景的动态实践，以改善社会认知、社会功能和社会技能。各种社会环境中的场景被构建来模拟常见的现实生活中的社会情况，包括结识新朋友、谈判财务或社会决策、处理室友冲突以及面试工作等。并且进行了一项可行性研究，涉及8名患有ASD的年轻人^[20]，另一项涉及30名7-16岁的ASD儿童和青少年^[21]，以检查VR-SCT的有效性，发现经过10次VR-SCT干预后，ASD参与者在现实生活中的社会和职业功能显著增加，以及一系列社会认知措施，表明VR支持的社会技能培训计划对不同年龄的ASD个体的广泛社会功能和社会能力产生了积极影响。最近对接受VR-SCT的自闭症参与者干预反应的神经机制的调查进一步验证了治疗的有效性，该调查发现，这种干预不仅有助于改善他们的社会认知和社会技能，还有助于加强支持他们更高社会功能能力的潜在大脑网络^[22]。除了上述VR社交技能训练系统，许多其他VR驱动的平台也被证明在增强ASD患者的社会功能和社会理解方面是有效的，例如社交信息处理虚拟环境(VESIP)^[23]和基于协作虚拟环境(CVE)的社交互动平台，包括iSocial^[24]和基于CVE的益智游戏。

2.2 情感认知

通过多种线索识别和理解情绪表达是ASD人群中的基本社会障碍之一^[25]。患有ASD的儿童经常表现出抽动儿童的非典型情绪发展，表现为缺乏与他人的同理心以及未能对他人的精神状态做出情感反应^[26]。在VR中学习情感识别可以为ASD人群消除这种情感障碍和障碍，因为VR培训计划已被证明对他们在情感识别方面的改善特别有帮助^[27]。例如，之前的研究报告了ASD参与者在完成VR-SCT计划后，在情感识别和心理理论方面的行为表现增强^[20]，以及变化的神经预测因子[22, 28]。K和Im^[29]也得到了类似的结果，他们观察到ASD儿童在基于虚拟现实的社交互动项目后，从面部表情和姿势线索中对情感的感知一致而明显地增加，Ip等人^[30]记录了100多名学龄ASD儿童在类似CVE的沉浸式虚拟现实支持系统中完成训练后情感识别的显著改善。最近的一项研究比较了通过使用虚拟现实进行的情感训练和治疗师进行的传统个性化训练，并发现了虚拟现实的使用优势，即缩短识别主要情感的获取时间^[31]。在情绪识别方面，沉浸在VR中的程度可以影响干预效果。Lorenzo等人^[32]进行了一项随机对照研究，其中他们设计了一个沉浸式虚拟现

实系统(IVRS)来训练和提高40名ASD儿童的情绪技能。他们的结果显示，与使用桌面VR应用程序相比，参与者在沉浸式VR中表现出更合适的情绪行为，并且在IVRS训练后他们的情绪能力有显著提高。这一发现得到了Schwarze等人^[33]获得的结果的证实，他们发现VR设置对ASD患者学习情绪识别具有激励性和有用性，特别是在类似的传统方法被转移到虚拟环境的情况下。此外，由于VR技术的高度沉浸感，为情感识别学习提供了一个封闭的、三维的和360度的环境，ASD儿童被观察到在他们的互动和学习活动中开始表现出“外向”的方式^[33]。最近的一些研究试图将虚拟现实技术与动态心理生理信号相结合，以改进情感识别的干预方法。Lahiri等人^[34]开发了一种基于虚拟现实的动态眼动追踪系统，称为虚拟互动系统，采用凝视敏感自适应反应技术(VIGART)，可以在情感识别训练期间根据用户的动态凝视模式提供个性化反馈。该系统包含五个社交交流场景，其中化身讲述了他们在各种主题上的经历，如食物、运动、旅行等。一项针对六名自闭症青少年的可用性研究结果证实，VIGART可以动态记录眼睛生理指标，从而能够客观测量用户的情感识别能力，进而指导干预策略的完善。除了上述在VR情感识别训练方面的突破之外，研究人员还寻求VR技术的帮助，以增强对ASD患者如何感知和处理情感表达的理解。例如，Kim等人^[35]采用了一种称为VR情感敏感性测试(V-REST)^[36]的新方法，在操纵杆的帮助下检查ASD患者的情感感知和人际距离。在识别虚拟化身表达的情感时，参与者可以通过操纵杆将自己定位在靠近或远离化身的位置。研究发现，与抽动障碍儿童相比，ASD儿童接近积极快乐表达的次数明显减少，这表明他们可能表现出非典型的社会方法动机，或者对积极的社会情感事件的奖励不太敏感^[35]。这些结果要求修订和更新ASD患者的社会动机模型。

2.3 语言训练

ASD患者经常有延迟或受损的语音和语言能力，影响生活和感知，这增加了他们的沟通障碍^[37]。与专注于VR的社交功能和情感识别训练的实质性努力相比，较少关注将这项技术应用于语言治疗。现有的大多数研究和实践侧重于教授离散的语言组件，如词汇、语法、语义学和发音。一个基于计算机的语言辅导程序，由Bosseler和Massaro开发，用于训练自闭症儿童的词汇和语法知识^[38]。Baldi在语言向导

中实现，允许轻松创建和演示有关识别图片和口语产生的语言课程。一项评估研究证实了这位计算机动画导师在词汇培训方面的有效性，并表明在虚拟代理的帮助下，自闭症儿童能够学习语言技能，并能将学到的词汇转移到程序之外的新环境中。Saadatzi 等人^[39]还通过结合虚拟现实技术和社交机器人技术开发了一种针对视觉单词教学的辅导系统。该系统以虚拟代理作为教师，人形机器人作为同伴的小组教室环境为特色，以促进观察性学习，即通过观察他人和模仿来学习^[40]。通过一项干预研究评估了辅导系统的有效性，该研究涉及三名 ASD 参与者，他们获得和概括了系统明确教给他们的所有单词。Nubia 等人^[41]设计和开发一种移动应用程序，该应用程序可以作为语义治疗的替代工具，以帮助提高 ASD 儿童的语义词知识。该应用程序可以通过播放拟声词或与动物和物体相关的声音来刺激口头和表达语言的产生。与传统治疗相比，使用 VR 移动应用程序的干预导致 ASD 参与者产生的口头语言增加，这得到了语言治疗师的证实。除了词汇、语法和语义学，虚拟元素和技术对 ASD 患者语言训练的积极影响也被扩展到发音领域。Chen 等^[42]，结合模仿学习的思想^[43]，设计了一个三维虚拟模仿干预系统，为 ASD 儿童提供视听发音训练。计算机辅助三维虚拟发音导师能够以多模态和真实数据驱动的方式呈现普通话音素发音的位置和方式，并已被证明能有效提高 ASD 低功能儿童普通话辅音和元音发音的准确性。

3 展望

3.1 促进 VR 应用功能扩展

未来的探索可能会扩展 VR 的功能，使其能够成为大数据的一部分，促进 ASD 研究的全球合作，并促进数据驱动的发现。ASD 研究的理想大数据应该既“广泛”又“深入”。广泛的数据具有大样本量的特征，而深入数据涉及对收集到的关于同一个体的多层次信息的分析，包括行为和发展、神经系统和临床治疗的结果^[44]。VR 训练平台可以成为收集这种“广泛”和“深入”大数据的完美渠道，因为它们能够在训练和干预的各个阶段收集动态和详细的行为和神经数据。未来的 VR 培训系统可以得到改进，不仅可以记录获得知情同意的 ASD 患者的多级数据，还可以将这些数据上传到云存储空间，以及随后授权用户下载数据。此外，研究人员可以借鉴设计、构建和管理数据库中常用的技术和策略，并制定 VR 数据池和整理的有效方法，以开发安全和可搜索的基

于 VR 的多级 ASD 患者数据存储库，用于研究。这样的数据库非常有助于为 ASD 患者评估和诊断，提供比较和参考，以及加深我们对 ASD 异质性的理解^[44]。

3.2 促进 VR 应用功能联合

目前大多数人独立地对待 ASD 患者某一技能方面的训练，并设计了围绕一个特定方面的培训计划，很少有人对这些技能采取综合观点，以系统地增强 ASD 的社会交流。在每个方面的研究也是离散和分裂的。例如，基于 VR 的干预计划和用于语言培训的系统侧重于语法和词汇、语义学或发音，但很少尝试将这些语言交流技能的组成部分整合到一个培训系统中。许多培训计划虽然被证明在提高 ASD 患者的特定技能方面是有效的，但在提高 ASD 人群的整体社会表现方面往往取得有限的成功^[45]。对这个问题一个可能的解释是，涉及不同目标技能领域相关的干预和培训在 ASD 患者的研究和治疗工作中经常缺失，即使这些相关因素包含在一些项目中，它们也不总是得到系统的培训。不同行为领域之间的“交互”关系^[46]表明，一个领域的改进有助于其他领域的进展，任何一个领域的延迟都可能影响其他领域的发展^[47]。因此，在 ASD 的社会交流中的有效干预不仅需要特定社会方面的培训，包括社会功能、情感认知、语言训练，还需要综合努力来解决这些领域相关的困难。

3.3 促进 VR 技术提升

VR 驱动的 ASD 培训系统未来有很大的改进空间。所有这些方向的潜在突破都需要 VR 技术的相应增强，以促进应用扩展。例如，VR 技术开发的研究人员和工程师应该研究如何将 VR 技术与人工智能和机器学习技术相结合，以促进定制干预并提供量身定制的支持。自动识别和评估技术，包括语音识别^[48]，以及认知和情绪状态的自动评估^[49]，需要嵌入到 VR 培训系统中，以测量和跟踪用户的能力和状态，并在培训之前、培训期间和培训之后提供即时和及时的反馈。准确、智能和高效的自动评估技术的结合可以大大减轻语言和情感认知治疗师的工作量，更重要的是，为生活在缺乏训练有素和合格治疗师的欠发达地区的 ASD 患者提供急需的评估和干预服务。

参考文献：

- [1] 林弋琪等，虚拟现实技术与自闭症谱系障碍治疗：科技新希望. 心理科学进展, 2018. 26(3).
- [2] 周荣易等，孤独症谱系障碍动物模型研究进展. 中国

实验动物学报, 2019. 27(3).

[3] 刘春燕与陈功香, 自闭症谱系障碍个体的焦虑: 发生机制、评估与治疗. 心理科学进展, 2019. 27(10).

[4] 赵俊强等, 基于虚拟现实技术的孤独症谱系障碍患儿核心症状家庭康复干预效果研究. 护理研究, 2021. 35(23).

[5] Orlosky, J., et al., Emulation of Physician Tasks in Eye-Tracked Virtual Reality for Remote Diagnosis of Neurodegenerative Disease. *IEEE Trans Vis Comput Graph*, 2017. 23(4): p. 1302–1311.

[6] 马博森等, 国外人工智能辅助自闭症谱系障碍诊断及其康复训练研究进展. 康复学报, 2019. 29(6).

[7] Cannell, J., et al., The efficacy of interactive, motion capture-based rehabilitation on functional outcomes in an inpatient stroke population: a randomized controlled trial. *Clin Rehabil*, 2018. 32(2): p. 191–200.

[8] Pulijala, Y., et al., Effectiveness of Immersive Virtual Reality in Surgical Training—A Randomized Control Trial. *J Oral Maxillofac Surg*, 2018. 76(5): p. 1065–1072.

[9] Mishkind, M.C., et al., Review of Virtual Reality Treatment in Psychiatry: Evidence Versus Current Diffusion and Use. *Curr Psychiatry Rep*, 2017. 19(11): p. 80.

[10] Dechsling, A., et al., Virtual reality and naturalistic developmental behavioral interventions for children with autism spectrum disorder. *Res Dev Disabil*, 2021. 111: p. 103885.

[11] Liu, X., et al., A Survey on Autism Care, Diagnosis, and Intervention Based on Mobile Apps Focusing on Usability and Software Design. *Sensors (Basel)*, 2023. 23(14).

[12] 开发与应用虚拟现实理论技术, 虚拟现实: 理论、技术、开发与应用. 北京: 清华大学出版社, 2019.

[13] Fong, C.J., et al., Interventions for improving employment outcomes for persons with autism spectrum disorders: A systematic review update. *Campbell Syst Rev*, 2021. 17(3): p. e1185.

[14] Nijman, S.A., et al., Dynamic Interactive Social Cognition Training in Virtual Reality (DiSCoVR) for social cognition and social functioning in people with a psychotic disorder: study protocol for a multicenter randomized controlled trial. *BMC Psychiatry*, 2019. 19(1): p. 272.

[15] Pallathra, A.A., et al., Defining behavioral components of social functioning in adults with autism spectrum disorder as targets for treatment. *Autism Res*, 2018. 11(3): p. 488–502.

[16] Kuriakose, S. and U. Lahiri, Understanding the Psycho-Physiological Implications of Interaction With a Virtual Reality-Based System in Adolescents With Autism: A Feasibility Study. *IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng*, 2015. 23(4): p. 665–75.

[17] Zapata-Fonseca, L., et al., Sensitivity to Social Contingency in Adults with High-Functioning Autism during Computer-Mediated Embodied Interaction. *Behav Sci (Basel)*, 2018. 8(2).

[18] Bernardini S., P.K.S.H., Inclusion of immersive virtual learning environments and visual control systems to support the learning of students with Asperger Syndrome. Boston, MA, USA. 14–18, 2013.

[19] Porayska-Pomsta K., A.K.B.S., Building an intelligent, authorable serious game for autistic children and their carers. *Advances in Computer Entertainment.*, 2013.

[20] Kandalaf, M.R., et al., Virtual reality social cognition training for young adults with high-functioning autism. *J Autism Dev Disord*, 2013. 43(1): p. 34–44.

[21] Kandalaf, M.R., et al., Virtual reality social cognition training for young adults with high-functioning autism. *J Autism Dev Disord*, 2013. 43(1): p. 34–44.

[22] Yang, Y., et al., Neural mechanisms of behavioral change in young adults with high-functioning autism receiving virtual reality social cognition training: A pilot study. *Autism Res*, 2018. 11(5): p. 713–725.

[23] Russo-Ponsaran, N., et al., Virtual Environment for Social Information Processing: Assessment of Children with and without Autism Spectrum Disorders. *Autism Res*, 2018. 11(2): p. 305–317.

[24] Stichter, J.P., et al., iSocial: delivering the Social Competence Intervention for Adolescents (SCI-A) in a 3D virtual learning environment for youth with high functioning autism. *J Autism Dev Disord*, 2014. 44(2): p. 417–30.

[25] Baron-Cohen, S., O. Golan and E. Ashwin, Can emotion recognition be taught to children with autism spectrum conditions?

Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci, 2009. 364(1535): p. 3567–74.

[26]Lorenzo G., L.A.P.J., Design and application of an immersive virtual reality system to enhance emotional skills for children with autism spectrum disorders. *Comput. Educ.*, 2016.

[28] 孙瑜, 虚拟现实技术在孤独症儿童社会情绪能力干预中的应用, 2019.

[27]Yang, Y., et al., Brain responses to biological motion predict treatment outcome in young adults with autism receiving Virtual Reality Social Cognition Training: Preliminary findings. *Behav Res Ther.*, 2017. 93: p. 55–66.

[29]Ke F., I.T., Virtual–reality–based social interaction training for children with high–functioning autism. *J. Educ. Res.* 2013;106:441 – 461., 2013.

[30]Ip H. H. S., W.S.W.L., Virtual reality enabled training for social adaptation in inclusive education settings for school–aged children with autism spectrum disorder (ASD) In: Cheung S.K.S. *Blended Learning: Aligning Theory with Practices.* Springer; Cham, Switzerland: 2016. pp. 94 – 102., 2016.

[31].Frolli, A., et al., Children on the Autism Spectrum and the Use of Virtual Reality for Supporting Social Skills. *Children (Basel)*, 2022. 9(2).

[32].Lorenzo G., L.A.P.J., Design and application of an immersive virtual reality system to enhance emotional skills for children with autism spectrum disorders. *Comput. Educ.* 2016;98:192 – 205. doi: 10.1016/j.compedu.2016.03.018, 2016.

[33]Schwarze A., F.H.N.B., Advantages and Propositions of Learning Emotion Recognition in Virtual Reality for People with Autism; Proceedings of the 27th European Conference on Information Systems (ECIS). Stockholm & Uppsala, Sweden. 8 – 14 June 2019., 2019.

[34]Lahiri, U., Z. Warren and N. Sarkar, Design of a gaze–sensitive virtual social interactive system for children with autism. *IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng.*, 2011. 19(4): p. 443–52.

[35]Kim, K., et al., A Virtual Joy–Stick Study of Emotional Responses and Social Motivation in Children with Autism Spectrum Disorder. *J Autism Dev Disord.* 2015. 45(12): p. 3891–9.

[36]Kim K., G.P.H.N., The Virtual Reality Emotion Sensitivity Test (V–REST): Development and Construct Validity; Proceedings of the Association for Behavioral and Cognitive Therapies (ABCT) Conference. San Francisco, CA, USA. 18 – 21 November 2010., 2010.

[37]Cleland, J., et al., Phonetic and phonological errors in children with high functioning autism and Asperger syndrome. *Int J Speech Lang Pathol.* 2010. 12(1): p. 69–76.

[38]Bosseler, A. and D.W. Massaro, Development and evaluation of a computer–animated tutor for vocabulary and language learning in children with autism. *J Autism Dev Disord.* 2003. 33(6): p. 653–72.

[39]Saadatzi, M.N., et al., Small–Group Technology–Assisted Instruction: Virtual Teacher and Robot Peer for Individuals with Autism Spectrum Disorder. *J Autism Dev Disord.* 2018. 48(11): p. 3816–3830.

[40]Taylor, B.A. and J.A. DeQuinzio, Observational learning and children with autism. *Behav Modif.* 2012. 36(3): p. 341–60.

[41]Nubia R. M., F.G.R.W., Development of a Mobile Application in Augmented Reality to Improve the Communication Field of Autistic Children at a Neurorehabilitar Clinic; Proceedings of the 2015 Workshop on Engineering Applications—International Congress on Engineering (WEA). Bogota, Colombia. 28 – 30 October 2015; pp. 1 – 6, 2015.

[42]Chen, F., et al., Development and evaluation of a 3–D virtual pronunciation tutor for children with autism spectrum disorders. *PLoS One.* 2019. 14(1): p. e0210858.

[43]Iacoboni, M. and M. Dapretto, The mirror neuron system and the consequences of its dysfunction. *Nat Rev Neurosci.* 2006. 7(12): p. 942–51.

[44]Lombardo, M.V., M.C. Lai and S. Baron–Cohen, Big data approaches to decomposing heterogeneity across the autism spectrum. *Mol Psychiatry.* 2019. 24(10): p. 1435–1450.

[45]Frankel, F. and C. Whitham, Parent–assisted group treatment for friendship problems of children with autism spectrum disorders. *Brain Res.* 2011. 1380: p. 240–5.

[46]Tomasello, M. and M.J. Farrar, Joint attention and early language. *Child Dev.* 1986. 57(6): p. 1454–63.

[47]Landa, R., Early communication development and intervention for children with autism. *Ment Retard Dev Disabil Res Rev*, 2007. 13(1): p. 16-25.

[48]Mirzaei M. R., G.S.M.M., Audio-visual speech recognition techniques in augmented reality environments. *Vis. Comput.*, 2014.

[49]Moon J., K.F.S.Z., Automatic assessment of cognitive and emotional states in virtual reality-based flexibility training for four

adolescents with autism. *Br. J. Educ. Tech.* 2020;51:1766 - 1784., 2020.

作者简介:

徐鑫洁(2000—),女,安徽滁州,本科(硕士在读),
研究方向:危重症

杨柳(1998—),女,四川达州,本科(硕士在读),
研究方向:危重症

通讯作者:周庆。