

·调查研究·

虚拟现实技术在国内临床康复治疗中的应用情况调查*

危昔均^{1,2} 韦亦茜^{1,3} 秦 萍^{1,2} 周 萍^{1,2} 李 海^{1,2}

摘要

目的:虚拟现实技术在国内康复中已有较广泛的应用,但目前缺乏针对该技术应用现状的研究。本研究针对国内康复专业人士应用该技术的状况进行网络调查,为该技术在国内的研发提供参考。

方法:本研究通过在专业群组推送网络问卷和一对一邀请填写的形式,获取国内康复专业人士的答卷资料。经过分析原始数据,剔除无效答题后,再对数据进行统计学分析。

结果:本研究获得了全国29个地区317位专业人士的答卷。困扰临床工作的主要问题是“时间或人员不足”和“缺乏合适的康复工具”。使用虚拟现实技术的比率为19.87%,该技术的主要优点是趣味性、互动性、节省人力、功能导向和丰富康复内容,缺点主要是价格昂贵、缺乏对应的收费项目和临床需求贴合度较差。虚拟现实技术的主要应用前景为日常生活活动模拟、职业康复、神经康复、社交能力和传统康复开展有困难的领域。

结论:本研究展示了国内康复领域应用虚拟现实技术的概况,并基于临床问题、用户体验和未来预期,为该技术的研发提供了参考意见。

关键词 虚拟现实;康复;现状;调查

中图分类号:R493 **文献标识码:**B **文章编号:**1001-1242(2021)-07-0832-06

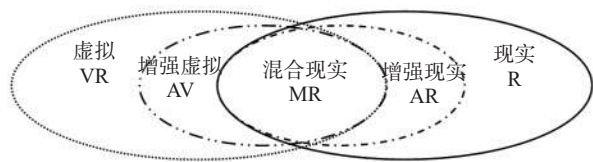
根据虚拟元素与真实元素相结合的程度进行分类,目前常见的虚拟技术大致分为虚拟现实(virtual reality, VR)、增强虚拟(augmented virtuality, AV)、混合现实(mix reality, MR)和增强现实(augmented reality, AR)^[1]。其中,VR指用户与设备交互的所有信息均为计算机模拟,而AV主要基于虚拟场景嵌入真实元素,AR主要基于真实场景嵌入虚拟元素,当虚拟元素与真实元素相互融合时,则为MR(图1)。

目前,在康复领域经常采用的虚拟技术主要为虚拟现实。用户接受到的感觉反馈信息,包括视觉、听觉、触觉、嗅觉等,均由计算机模拟,且用户与虚拟系统之间的人机交互

主要通过手持式传感设备、穿戴式传感设备或者具有动作捕捉功能的摄像头实现^[2]。当前的VR技术应用形式有两种,包括沉浸程度较弱的投影式(通过投影仪或者显示器向用户显示虚拟场景)和沉浸程度较强的头戴式(通过头戴显示器向用户显示虚拟场景)。

随着虚拟技术逐渐发展成熟和相关硬件设备购置门槛的降低,康复领域的学者和临床实践者们越来越关注这一技术的研发和应用,正在由原来大量使用商用VR游戏转变成尝试开发康复用途的VR康复治疗系统,并应用于不同的康复领域^[2-3]。最近的荟萃分析发现,基于VR的脑卒中上肢功能康复方法较传统康复更具优势^[4],此外,VR也被广泛应用于多种不同疾病,包括精神障碍^[5]、脊髓损伤^[6]、脑外伤^[7]、脑瘫^[8]、多发性硬化^[9]、帕金森氏病^[10]、心脏病^[11]、骨骼损伤^[12]、韧带损伤^[13]等,干预不同的功能障碍,包括创伤后应激障碍^[5]、恐惧症^[5]、平衡^[6,10]、认知^[7,9]、步行^[8,10]、心肺功能^[11]、疼痛^[12,14]、运动模式^[13]、日常生活活动^[15-16]等。但大部分的回顾性研究均发现目前仍需要高质量的研究,以确定VR在康复治疗中的应用价值。

图1 虚拟技术的分类图解^[1]



DOI:10.3969/j.issn.1001-1242.2021.07.012

*基金项目:深圳市宝安区科技计划医疗卫生基础研究项目(2018JD110);南方医科大学深圳医院“苗苗”培育计划启动项目(2018MM08);深圳市基础研究专项(自然科学基金)基础研究面上项目(JCYJ20190814112607443)

1 南方医科大学深圳医院康复医学科,广东省深圳市宝安区,518100; 2 南方医科大学深圳医院混合现实康复实验室; 3 南方医科大学深圳医院妇科

第一作者简介:危昔均,男,博士,主管治疗师; 收稿日期:2020-02-27

近年,国内学者对VR技术应用于康复也展现出了巨大的兴趣。研究方向主要集中在步行和平衡训练^[17-19]、上肢功能训练^[20-21]、认知训练^[22]、心理干预^[23]和康复治疗教学^[24]等。普遍采用的设备为商用的VR游戏^[20,25]和投影式VR设备,如:BioMaster^[21], Gest Irex^[19], D-Box^[22], ReoFlex100^[22]等。冯绍雯等^[18]使用VR游戏训练平衡功能,赵一瑾等^[17]、陈兰等^[19]和刘言薇等^[21]使用的投影式VR康复设备干预步行功能,均发现VR组较传统组展现出更显著的功能恢复。在上肢功能方面,林志诚等^[20]和肖湘等^[25]使用VR游戏干预后,亦提示基于VR的训练可以显著提升神经损伤患者的功能水平。江山等^[22]应用投影式VR认知康复系统治疗颅脑损伤患者的认知功能时,发现基于VR的训练方法在认知功能和基本日常生活能力提升方面均较传统干预方法显著。孙燕等^[23]应用投影式VR康复系统干预脑卒中后的抑郁症相关研究发现,患者除了展现出抑郁水平下降之外,日常生活能力水平也较传统康复组提升更为明显。在教学方面,张通等^[24]的研究发现,基于VR的康复治疗技术学习可以显著地提升本科同学的操作表现。有部分学者亦尝试自主搭建了投影式VR康复系统,例如:基于数据手套开发的手康复系统^[26]和基于Kinect体感设备开发的上肢康复系统^[27],但目前仅进行了小范围的试用,少见相关临床研究。鉴于国内已经有比较好的VR康复应用经验,但临床应用的效果和用户体验缺乏相关报道。另外,进一步深入研发适合国内康复需求的VR康复系统,确保研发的系统真正解决国内康复临床问题,离不开充分咨询相关专业人士的意见。因此,邀请国内康复专业人士进行详细的问卷调查,可以揭示国内康复临床中的VR应用情况,了解专业人士对VR的态度,对于探索VR在国内康复的未来发展方向具有重要的参考意义。

1 资料与方法

1.1 研究对象

本研究通过手机即时通讯工具推送或者转发网络问卷的形式,邀请国内康复专业人士进行答题。邀请专业人士的途径包括:①在专业微信群组投放推送广告和问卷链接;②一对一邀请专业人士填写,并通过该受邀者转邀其他同事填写(其中作业治疗师、物理治疗师、言语治疗师、康复医生、康复护士及其他康复专业人员,最多仅能推荐1位同事答题)。为了尽量避免重复答卷和同一康复机构两名相同专业人士重复填答卷,问卷服务器通过设备码锁定已经成功填写问卷的手机,以避免同一手机重复答题,另外,在叮嘱受邀者转邀本机构其他同事时,尽量确认是否已经有同事填写本问卷,避免同一专业出现两人重复答题。

1.2 问卷设计

期望了解的问题主要包括:①临床康复工作中面临的

主要问题;②是否正在使用VR技术;③使用VR的体验;④VR的优缺点;⑤对VR的期望。

网络问卷的具体内容包括以下9项:

第1题. 临床康复工作中,您对以下哪些问题不满意?(可多选)

a. 主观的评定方法;b. 练习难度的调整;c. 过于依赖经验;d. 功能转化效率;e. 时间或人员不足;f. 缺乏合适的康复工具;g. 康复过程枯燥;h. 评估或治疗的维度单一;i. 其它请注明。

第2题. 您的临床工作中是否有使用VR技术?

a. 没有(进入问题9);b. 有(进入问题3)。

第3题. 您正在使用的VR属于哪种?(可多选)

a. VR游戏设备(进入问题4);b. 康复用途VR设备(进入问题5)

第4题. 使用的游戏设备有哪些?(可多选):

a. Wii;b. Xbox;c. Cywee;d. SP4;e. HTC;f. 其它请注明。

第5题. 使用的康复用途VR设备有哪些?(可多选)

a. SeeMe; b. VRehab; c. MindMotion; d. 章和电气; e. D-Box; f. E-link; g. Hocoma; h. 卡伦 Carene; i. 其他基于Kinect开发的康复系统;j. 其他基于VR头盔开发的康复系统;k. 其它请注明。

第6题. 您对目前的VR用于康复的总体满意度如何?

第7题. 您觉得目前在临床康复工作过程中使用VR有哪些优点?(可多选)

a. 丰富的康复内容;b. 使康复过程更有趣;c. 康复过程的互动;d. 节省人力;e. 功能导向的练习;f. 客观的评定;g. 便捷的数据收集;h. 其它请注明。

第8题. 您觉得目前在临床康复工作过程中使用VR有哪些缺点?(可多选)

a. 疗效转化;b. 适合的人群不多;c. 价格昂贵;d. 系统不稳定;e. 不能很好地贴合临床需求;f. 没有收费项目;g. 难度调节;h. 成瘾问题;i. 使用舒适性;j. 数据准确性;k. 其它请注明。

第9题. 您觉得VR未来可以从哪些方面支持康复临床工作?

a. 日常生活活动模拟;b. 传统方法开展有困难的领域;c. 职业康复;d. 神经康复;e. 社交能力;f. 评定技术;g. 出院准备;h. VR会渗透大部分的康复项目;i. 其它请注明。

其中,第1题和第6题涉及满意度问题,本问卷通过视觉模拟评分法(visual analogue scale, VAS)的方式进行,答题者通过“滑动条”确定自己的满意度,左边(0分)为非常不满意,右边(100分)为非常满意。

1.3 统计学分析

首先对原始数据进行分析,剔除无效问卷和错误填写的信息,如:所选不满意问题的VAS评分出现100分,使用的VR设备归类错误(VR游戏设备和康复用途VR设备)。然后再对数据进行统计学分析。计数资料采用百分比(%)表示,计量资料使用均数±标准差表示。

2 结果

经过7天的邀请,除宁夏、青海、陕西、贵州和西藏外,来自全国29个省、直辖市和自治区合计317位康复专业人士成功完成了问卷调查。答题人群的基本情况如表1所示。大部分参与者均来自综合医院(65.93%)和康复医院(21.45%)。专业人群主要来自作业治疗师(42.27%)、物理治疗师(30.28%)和言语治疗师(13.88%)。工作经验在10年以上(31.86%)和3年以内(33.44%)的专业人士居多。绝大部分答题者的角色均以临床工作为主(72.87%)。

困扰这些康复专业人士的问题排序如图2所示。超过50%的参与者认为“选项e.时间或人员不足”和“选项f.缺乏合适的康复工具”是最大的问题。除了问卷提及问题之外,参与者在其他问题方面提出了如下内容,包括:缺乏新技术的学习机会、居家康复依从性低、不同专业人士之间的交流效率低下,缺少干预患者日常生活能力和参与能力。相关问题的满意度情况如表2所示。选项e和选项f的满意只有 39.79 ± 20.82 和 42.64 ± 20.25 。

答题人群中,使用VR的比例为19.87%($n=63$),大部分专业人士并未在康复临床工作中应用VR技术(80.13%, $n=254$)。在使用VR技术的专业人士中,53.97%($n=34$)正在使用商用VR游戏,68.25%($n=43$)正在使用康复用途VR设备,其中,53.97%($n=34$)正在使用VR技术的人群同时在使用商用VR游戏和康复用途VR设备。主要使用的设备见图3—4,应用较广泛的商用VR游戏设备为Xbox和Wii,康复用途VR设备为D-Box和E-link。

VR在康复临床应用的满意度和优缺点方面,正在使用VR技术的康复专业人士满意度为 53.32 ± 23.24 。超过65%的专业人士认为VR技术的优点包括趣味性、互动性、节省人力、功能导向和丰富康复的内容。超过50%的人士认为缺点主要包括购置价格昂贵(指康复用途VR设备)、缺乏对应的收费项目和不能很好地贴合临床需求(图5—6)。

不论有无VR技术使用经验的答题者均一致认为,未来VR技术应用于康复的主要领域应该包括日常生活活动的模拟(82.33%)、职业康复(67.51%)、神经康复(55.52%)、社交能力(55.21%)和传统康复开展有困难的方向(53%)。此外,在其他项目中,也有些答题者提出了更多的领域,包括情绪管理、认知障碍、心脏康复等(图7)。

表1 本调查研究参与者的基本情况 (n=317)

基本资料	人数(比例)
机构类型	
综合医院	209(65.93)
康复医院	68(21.45)
康复门诊	4(1.26)
专科医院	12(3.79)
社区机构	8(2.52)
养老机构	4(1.26)
个人执业	5(1.58)
其他	7(2.21)
专业	
作业治疗师	134(42.27)
物理治疗师	96(30.28)
言语治疗师	44(13.88)
康复医生	29(9.15)
其他人员	14(4.42)
工作经验	
≥10年	101(31.86)
≥5年	63(19.87)
≥3年	47(14.83)
<3年	106(33.44)
主要角色	
临床工作为主	231(72.87)
管理工作为主	7(2.21)
两者均等	79(24.92)

表2 答题者面临相关问题的满意度

不满意的问题	满意度(VAS)	剔除数据量(例)
e. 时间或人员不足;(n=170)	39.79±20.82	1
f. 缺乏合适的康复工具;(n=166)	42.64±20.25	2
h. 评估或治疗的维度单一;(n=111)	43.93±17.99	1
g. 康复过程枯燥;(n=126)	43.99±20.56	2
d. 功能转化效率;(n=115)	46.43±16.96	2
c. 过于依赖经验;(n=98)	47.89±20.71	2
a. 主观的评定方法;(n=115)	51.75±18.07	2
b. 练习难度的调整;(n=69)	54.77±17.07	1

图2 答题者不满意的问题排序 (n=317)

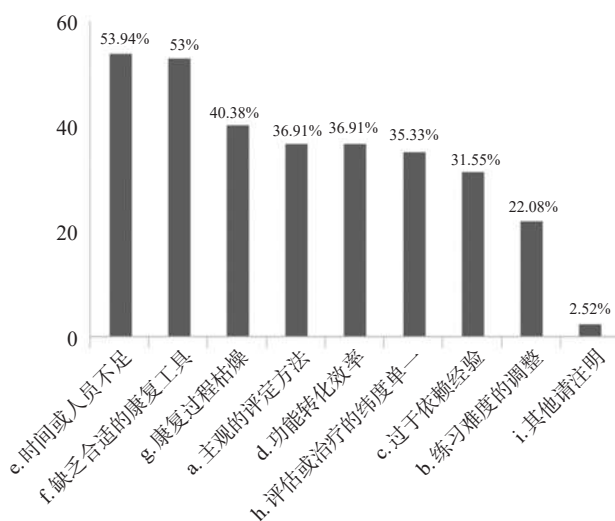


图3 答题者经常使用的VR游戏设备

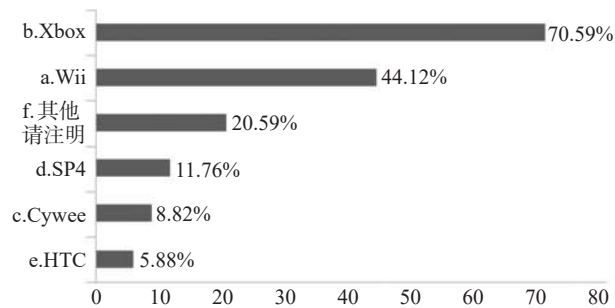


图4 答题者经常使用的康复用途VR设备

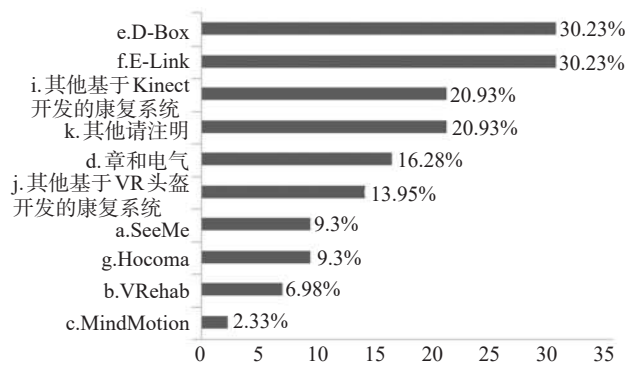
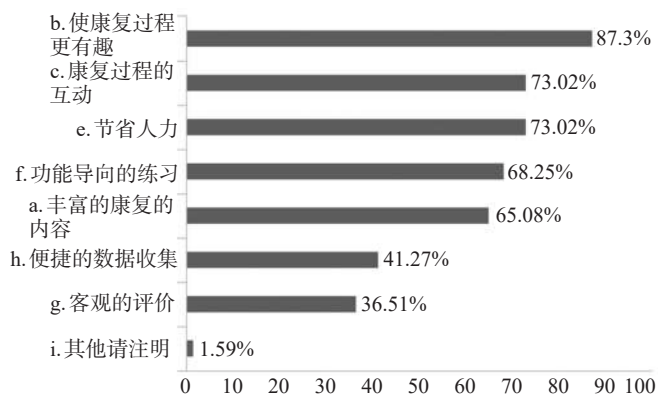


图5 答题者选择的VR优点排序



3 讨论

虽然VR技术在国内的康复实践中已经得到了比较广泛的应用,但目前却较少见关于其应用情况的调查研究。本研究通过一周邀请了全国317位康复专业人士填写调查问卷,从受访专业人士所属的机构类型、专业类别、工作经验和工作性质方面来看,对于目前国内的VR技术应用人群具有一定的代表性。

在临床工作中,超过53%的受访康复专业人士认为人力和设备资源匮乏是比较突出的困扰因素,满意度VAS评分只

图6 答题者选择的VR缺点排序

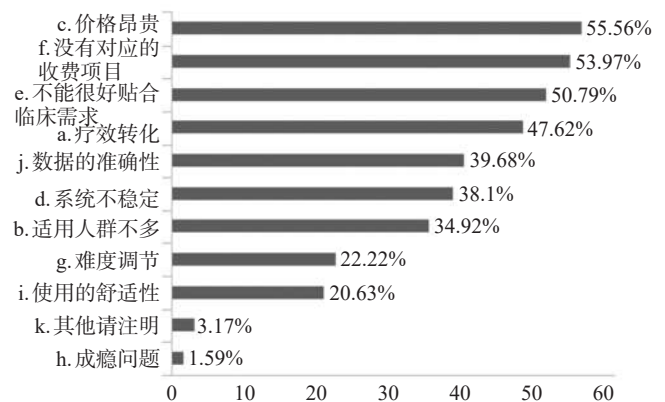
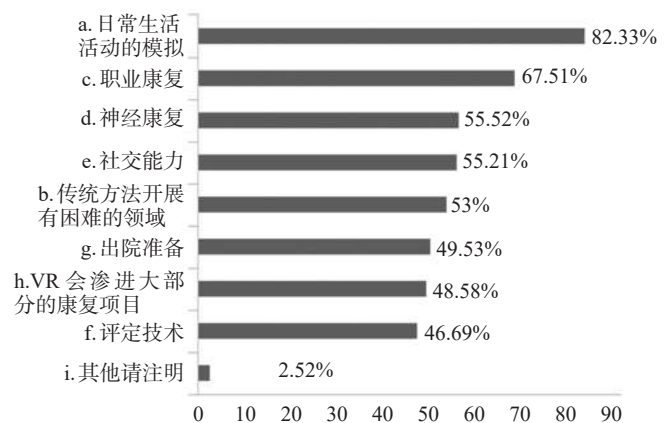


图7 答题者期盼未来VR的应用领域



有 39.79 ± 20.82 和 42.64 ± 20.25 。这些发现与卢迪迪[29]进行的康复机构从业人员现状及需求分析相关研究结果类似。这提示我们,在面临国内总体康复治疗人员短缺,工作强度大的相关背景下,应用于康复的VR技术研发需要充分关注这些需求。

目前,国内缺少关于VR技术在康复领域的普及率相关研究。虽然VR技术已经在我们的日常生活中非常普及,但本研究发现,受访人群中仅有19.87%的专业人士会在临床工作中采用该技术。原因可能包括康复用途VR设备的价格高昂,商用VR游戏并不能很好地满足临床需求,不了解VR技术的哪些特点对康复更为重要等[2,30]。这些原因也在随后的问卷项目中得到了体现。在使用VR技术的专业人士中,有53.97%的人士使用商用VR游戏,有68.25%的人士使用康复用途VR设备,且同时使用商用VR游戏和康复用途VR设备的人士占53.97%。这些人对当前应用的VR技术满意度VAS评分只有 53.32 ± 23.24 。超过50%的专业人士认为,当前的VR设备价格昂贵(针对康复用途VR设备)、没有收费项目和没有很好地贴合临床需求。这些发现提示我们,研发更

为低廉的VR康复设备(如:基于价格更低、使用更便携的VR一体机开发康复系统),申请新增VR类康复治疗项目(如:逐渐由局部医疗机构的自费目录转入医保支付目录),VR康复研发对标国内康复专业人士和患者的临床需求(如:更为简易的操作系统、开发传统康复难以开展的项目、多维度评估和治疗相结合的康复系统等),均可能提升业内使用VR技术的机率。

VR技术提供的人机交互方式具有许多特点,但目前并不清楚具体哪些特点才对康复最重要。本研究发现65.08%—87.30%的专业人士认为,当前VR技术最大的优势在于以下几个方向,包括提升趣味性、增强互动性、节省人力、功能导向和丰富内容。这些特点也被其他学者的研究涉及^[2]。趣味性和互动性强提升了患者对康复的主动性和参与程度^[31],节省人力,使有限的医疗资源得到最大化的利用^[19],功能导向性使VR技术的应用更贴合当前的主流康复科学证据^[32],而丰富的内容则解决了许多在传统康复场所无法完成的康复项目^[15]。这些发现提示我们在应用VR技术的研发过程中,除了考虑核心的康复算法之外,还应该充分考虑人机交互界面的友好性和便捷性。

VR适用的范围非常广泛,然而国内康复应用的领域还比较局限。大部分研究主要聚焦于身体功能方面的干预疗效,例如,上肢功能^[20-21, 25]、步态及平衡功能^[17-19]和认知功能^[22]等,缺乏活动和参与功能领域的应用,且大部分为投影式VR,缺乏浸入性更强的头戴式VR技术相关应用研究^[28]。本研究发现,不论在康复治疗过程有无应用VR技术,53%—82.33%的受访专业人士均认为未来的VR技术应该从以下方面协助康复治疗工作,包括日常生活活动、职业康复、神经康复、社交能力及传统康复开展有困难的领域,涉及内容主要为活动功能和参与功能,也涉及部分身体功能领域。专业人士的这些预期提示了康复临床工作对融入VR技术的真正需求。

在卫生经济学方面,VR应用于康复领域亦有较好的临床应用潜力。Lloréns等^[33]对VR应用于远程脑卒中平衡功能康复的成本疗效进行了分析,结果发现每周3次,持续8周的VR干预除了显示与传统方法类似的康复疗效之外,还可以为每名患者节省654.72美元支出,同时,作者也指出,节省经济支出的幅度与患者接受的具体康复内容相关。国内针对VR康复的成本疗效相关研究较少见,徐燕霞等^[34]对康复机构运营的研究发现,国内康复机构的资金支出主要用于人员薪酬、设备购置和设备维护。VR最大的优势为节省人力资源,让有限的康复治疗专业人士服务更多的患者,同时,VR设备可以模拟多种康复场景,减少了设备购置和维护的资金支出。然而,这些优势是否能带来成本疗效方面的益处仍需要深入的研究。

4 结论

本研究展示了目前国内康复领域应用VR技术的概况。从康复专业人士角度提出了康复临床工作面临的实际问题和满意度,展示了应用VR技术的体验和未来预期,为国内康复未来的VR技术应用研发方向提供了参考意见。

本研究也存在一些不足之处,主要包括:①大众对虚拟技术的认知存在偏差,这可能影响受访群体使用VR技术的比例;②网路调查的形式无法获取不接触网络的专业人士意见,这可能影响研究结果的代表性;③由于缺乏这类研究作为参考,本研究无法预先计算样本量,这可能导致邀请的受访人数不恰当。

参与文献

- [1] Flavián C, Ibáñez-Sánchez S, Orús C. The impact of virtual, augmented and mixed reality technologies on the customer experience[J]. Journal of Business Research, 2019, 100(7): 547—560.
- [2] Laver KE, Lange B, George S, et al. Virtual reality for stroke rehabilitation[J]. Cochrane Database of Systematic Reviews, 2017, 11:CD008349.
- [3] Freitas L, de Araújo Val S, Magalhães F, et al. Virtual reality exposure therapy for neuro- psychomotor recovery in adults: a systematic review[J]. Disability and Rehabilitation: Assistive Technology, 2019; 1—7.DOI:10.1080/17483107.2019.1688400.
- [4] Karamians R, Proffitt R, Kline D, et al. Effectiveness of virtual reality- and gaming-based interventions for upper extremity rehabilitation poststroke: a meta-analysis[J]. Archives of Physical Medicine and Rehabilitation, 2020, 101:885—896.
- [5] Park MJ, Kim DJ, Lee U, et al. A literature overview of virtual reality (VR) in treatment of psychiatric disorders: recent advances and limitations[J]. Frontiers in Psychiatry, 2019, 10:505.
- [6] Alashram AR, Padua E, Hammash AK, et al. Effectiveness of virtual reality on balance ability in individuals with incomplete spinal cord injury: a systematic review[J]. Journal of Clinical Neuroscience, 2020, 72:322—327.
- [7] Maggio MG, De Luca R, Molonia F, et al. Cognitive rehabilitation in patients with traumatic brain injury: a narrative review on the emerging Use of virtual reality[J]. Journal of Clinical Neuroscience, 2019, 61:1—4.
- [8] Ghai S, Ghai I. Virtual reality enhances gait in cerebral palsy: a training dose-response meta-analysis[J]. Frontiers in Neurology, 2019, 10: 236.
- [9] Maggio MG, Russo M, Cuzzola MF, et al. Virtual reality in multiple sclerosis rehabilitation: a review on cognitive and

- motor outcomes[J]. *Journal of Clinical Neuroscience*, 2019, 65:106—111.
- [10] Dockx K, Bekkers EMJ, Van den Bergh V, et al. Virtual reality for rehabilitation in Parkinson's disease[J]. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 2016, 12:CD010760.
- [11] Bond S, Laddu DR, Ozemek C, et al. Exergaming and virtual reality for health: implications for cardiac rehabilitation[J]. *Current Problems in Cardiology*, 2019: 100472. DOI: 10.1016/j.CPCardiol.2019.100472.
- [12] Guma M, Youssef AR. Is virtual reality effective in orthopedic rehabilitation? a systematic review and meta-analysis[J]. *Physical Therapy*, 2019, 99 (10): 1304—1325.
- [13] Gokeler A, Bisschop M, Myer GD, et al. Immersive virtual reality improves movement patterns in patients after ACL reconstruction: implications for enhanced criteria-based return-to-sport rehabilitation[J]. *Knee Surgery Sports Traumatology Arthroscopy*, 2016, 24 (7): 2280—2286.
- [14] Iannicelli AM, Vito D, Dodaro CA, et al. Does virtual reality reduce pain in pediatric patients? a systematic review[J]. *Italian Journal of Pediatrics*, 2019, 45 (1): 171.
- [15] Adams RJ, Lichter MD, Ellington A, et al. Virtual activities of daily living for recovery of upper extremity motor function[J]. *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, 2018, 26 (1): 252—260.
- [16] Besnard J, Richard P, Banville F, et al. Virtual reality and neuropsychological assessment: the reliability of a virtual kitchen to assess daily-life activities in victims of traumatic brain injury[J]. *Applied Neuropsychology: Adult*, 2016, 23 (3): 223—235.
- [17] 赵一瑾, 黄国志, 吴磊, 等. 虚拟现实技术对脑卒中患者偏瘫步态训练的临床研究[J]. *中国康复医学杂志*, 2014, 29 (5): 442—445.
- [18] 冯绍雯, 王萍, 王建国, 等. 虚拟平衡游戏训练在脑卒中患者平衡和步行功能康复中的应用[J]. *中国康复医学杂志*, 2015, 30 (11): 1171—1173.
- [19] 陈兰, 赵燕华, 宗丽春, 等. 虚拟现实训练对脑卒中患者步行功能和日常生活能力的影响[J]. *中国康复医学杂志*, 2019, 34 (12): 1473—1475.
- [20] 林志诚, 陈阿贞, 江一静, 等. 虚拟现实平衡游戏训练对帕金森病患者平衡功能的效果[J]. *中国康复理论与实践*, 2016, 22 (9): 1059—1063.
- [21] 刘言薇, 黄臻, 闵瑜, 等. 虚拟现实技术结合活动平板训练对脑卒中患者步态参数的影响[J]. *中国康复医学杂志*, 2017, 32 (8): 940—942.
- [22] 江山, 李娅娜, 王一鸣, 等. 虚拟现实训练技术对颅脑损伤患者认知功能恢复的疗效[J]. *中国康复*, 2019, 34 (9): 451—454.
- [23] 孙燕, 李亮, 曾明, 等. 虚拟现实训练联合心理干预对脑卒中后抑郁的影响[J]. *中国康复医学杂志*, 2018, 33 (6): 727—729.
- [24] 张通, 李冰洁, 金玲. 虚拟现实训练系统在康复医学教育中的应用[J]. *中国康复理论与实践*, 2015, 21 (7): 861—864.
- [25] 肖湘, 黄东锋, 梁斌. 虚拟现实训练对亚急性期脑卒中患者上肢运动功能的影响[J]. *中国康复医学杂志*, 2019, 34 (9): 1049—1053.
- [26] 肖阳, 徐秀林, 翟艺, 等. 基于虚拟现实技术的手功能康复评估训练系统的设计[J]. *中国康复理论与实践*, 2016, 22 (3): 341—344.
- [27] 韩志峰, 曹磊, 夏斌, 等. 基于体感技术上肢康复游戏系统的评价模块[J]. *中国康复理论与实践*, 2017, 23 (11): 1341—1345.
- [28] 余彬, 曾庆, 黄国志. 头戴式虚拟现实系统在运动康复治疗中的应用进展[J]. *中国康复医学杂志*, 2018, 33 (6): 734—737.
- [29] 卢迪迪. 康复机构从业人员现状及需求分析[J]. *中国康复理论与实践*, 2019, 25 (7): 859—864.
- [30] Massetti T, da Silva TD, Crocetta TB, et al. The clinical utility of virtual reality in neurorehabilitation: a systematic review[J]. *Journal of Central Nervous System Disease*, 2018, 10: 1—18.
- [31] 谢艺婷, 柳维林, 吴劲松, 等. 虚拟现实技术在脑卒中患者运动功能康复中的应用进展[J]. *中国康复理论与实践*, 2017, 23 (11): 1294—1298.
- [32] 赵一瑾, 余彬, 何龙龙, 等. 虚拟现实技术结合作业治疗训练对脑卒中偏瘫患者上肢功能影响的临床研究[J]. *中国康复医学杂志*, 2019, 34 (6): 661—666.
- [33] Lloréns R, Noé E, Colomer C, et al. Effectiveness, usability, and cost-benefit of a virtual reality-based telerehabilitation program for balance recovery after stroke: a randomized controlled trial[J]. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 2015, 96 (3): 418—425.e2.
- [34] 徐燕霞, 密忠祥, 程军. 我国康复机构财务状况及经济补偿机制[J]. *中国康复理论与实践*, 2017, 23 (2): 242—245.