

# 远程康复技术在脑卒中患者平衡康复的应用

赵科洪, 马睿, 屈云

【关键词】 脑卒中; 远程康复; 平衡功能

【中图分类号】 R49; R743.3 【DOI】 10.3870/zgkf.2021.05.012

我国是世界上脑卒中疾病负担最大的国家之一, 脑卒中也是我国成年人致死和致残的首要原因<sup>[1-2]</sup>。近年来, 我国脑卒中发病率逐年增高, 但标化死亡率呈总体下降趋势<sup>[2]</sup>, 这使得脑卒中幸存者数量激增, 而约有80%的脑卒中幸存者存在不同程度的功能障碍<sup>[3]</sup>。其中, 平衡功能障碍严重影响脑卒中患者的日常生活活动(Activity of Daily life, ADL)和步行能力, 因此, 提高平衡功能成为了脑卒中后康复的首要目标。

平衡功能可通过长期高强度的训练进行改善, 目前临床上常用的康复治疗方法包括体感互动训练, 下肢康复机器人, 视觉反馈治疗法等<sup>[4-6]</sup>, 这些方法能有效提高患者的平衡能力。但由于住院时长受限、医疗费用难以负担、交通限制等因素的影响, 大部分患者不能获得有效强度的康复训练, 出院时仍存在严重的平衡功能障碍, 且出院后不能继续接受治疗。此外, 我国康复治疗师比例约为1.03/10万人<sup>[7]</sup>, 远低于国际平均水平, 且缺乏高素质的康复从业者, 并存在严重的分配不均, 使得边远地区的患者无法得到有效治疗。

远程康复治疗作为一种新的康复服务方式, 为解决医患供需矛盾提供了一种新思路。远程康复治疗是通过网络信息技术远距离传输康复服务, 对患者进行康复教育、训练、评估和监督<sup>[8]</sup>。远程康复治疗打破了距离的限制, 使边远地区的患者能够接受有效的康复指导, 保证患者出院后的持续治疗。同时, 远程康复治疗能够实现一对多的康复指导, 在保证患者治疗的同时, 减少康复治疗师的时间成本。远程康复非常适用于我国地广人多、医疗资源紧张的基本国情, 但其在我国尚处于起步阶段, 对于平衡的远程康复研究更为缺乏, 本文主要总结近年来远程技术在脑卒中患者平衡康复的应用及研究进展, 以期今后的临床实践和理

论研究提供指导性意见。

## 1 远程技术在平衡康复的应用

远程康复技术已被广泛地应用于脑卒中患者运动、认知、言语和心理治疗等方面的研究<sup>[9-12]</sup>。有研究指出, 远程康复不仅能提高脑卒中患者ADL, 还能缓解照顾者压力、疲劳感, 提高自我效能<sup>[13-14]</sup>。远程康复的疗效已得到多方验证, 目前已有学者在研究远程卒中康复的神经学机制<sup>[15]</sup>, 为远程康复提供理论基础。远程康复系统常包括三个组成部分: 用户端、医院端和传输端口。医院端是用于收集患者数据, 监测患者训练状态以及对患者的训练作出指导, 制定运动处方。用户端是患者进行康复训练的终端设备, 根据训练目的和技术的不同, 设备也不尽相同。

1.1 基于多媒体技术的远程康复系统 多媒体技术是一种基于计算机系统的人机交互式信息交流和传播媒体, 传输的信息包括文字、数据、视音频等<sup>[16]</sup>。对于平衡功能的远程康复, 通过计算机多媒体技术传输视频及音频, 治疗师通过视频会议、语音通话等方式远程指导患者进行康复训练, 并进行训练评估。其终端设备主要由计算机、网络摄像头和视频音响系统等组成。Lin等<sup>[17]</sup>通过网络视频会议对患者进行一对多或多对多的康复指导, 并在训练过程中监测患者的心率、血压和血氧饱和度, 结果显示其在改善患者平衡功能和自我照顾能力方面的治疗效果与常规治疗无显著差异。Chen<sup>[9]</sup>的研究也是类似, 但在此基础上增加了肌电生物反馈系统, 在训练过程中给予感觉刺激, 以改善患侧肢体运动功能, 其研究结果显示, 远程康复在改善脑卒中患者平衡功能方面与常规治疗疗效相近, 且能有效减轻照顾者负担。

1.2 基于可穿戴设备的远程康复系统 可穿戴设备具有便携、占用空间小、使用不受场所限制等特点, 与手机、平板等移动终端结合, 具有数据交互的功能。应用于运动功能康复的可穿戴设备通常由微型传感器组成, 能时刻监测患者的运动情况并提供感觉反馈<sup>[18]</sup>。Koh<sup>[19]</sup>的一篇研究计划报告介绍了一种基于平板和可穿戴设备的远程康复系统(Singapore Tele-technol-

基金项目: 国家重点研发计划课题“脑血管疾病运动与认知康复体系管理”(NO. 2017YFC1308500/2017YFC1308504)

收稿日期: 2020-06-10

作者单位: 四川大学华西医院康复医学科, 四川大学华西康复医学院, 成都 610041。

作者简介: 赵科洪(1997-), 男, 硕士研究生, 主要从事中枢神经损伤康复的基础与临床研究。

通讯作者: 屈云, dr\_yunqu@163.com

ogy Aided Rehabilitation in Stroke, STARS)。使用该系统进行训练时,患者在上肢或下肢穿戴一个传感器,然后根据平板电脑内预设的运动处方进行训练;训练过程中,佩戴的传感器会记录患者对应关节的关节活动度,并判断患者是否正确完成训练动作<sup>[20]</sup>。该远程康复系统对于脑卒中患者平衡功能康复的疗效尚在研究中。屈云团队开发设计了一种基于移动终端和运动传感器的远程康复系统<sup>[21]</sup>。该系统的应用与STARS类似,但不同的是他们将人工智能与远程康复结合,基于深度神经网络智能化分析,创造性的设计了梯度式运动自动评定系统和智能化运动处方<sup>[22]</sup>,实现了远程康复系统的自动评估和智能化训练。目前该团队正在研究该系统应用于脑卒中患者平衡及步态康复的治疗效果。可穿戴设备具有极好的便利性和体验感,且相对成本较低,今后将广泛应用于远程康复治疗。

1.3 基于虚拟现实技术的远程康复系统 虚拟现实技术(Virtual Reality Technology, VR)是一种具有沉浸、交互和构想等特点的人机交互技术<sup>[23]</sup>。VR技术能在安全的环境中让患者在不同的情景下进行训练,具有任务指向性,提高患者参与能力。有研究显示,VR技术可促进神经损伤患者的神经重塑<sup>[24]</sup>,且在脑卒中患者的平衡和步态康复中比常规治疗更有效<sup>[25-26]</sup>。2009年卒中康复执行概要循证回顾建议使用VR改善脑卒中患者运动功能障碍,推荐等级为A<sup>[27]</sup>。应用3D摄像头、3D眼镜、运动平板、平衡支架等设备可将虚拟现实技术与远程康复技术结合使用,使脑卒中患者功能恢复最大化。但这类终端设备成本较高,且使用时占用较大空间。

Held等<sup>[28]</sup>开发的REWIRE远程康复平台结合了游戏引擎和虚拟现实技术。在训练过程中,3D摄像头捕捉患者的运动轨迹,压力平板感知患者重心位置,并在屏幕中形成患者自身的动画化身,模拟在不同环境下进行步行和平衡训练。同时,智能引擎会对患者的姿势进行监测,当身体某个部位出现异常姿势时,动画化身对应的节段会被不同的颜色标记,提示患者纠正姿势,调整双下肢负重,以此来提高患者的平衡能力。Kato等<sup>[29]</sup>是通过虚拟现实技术进行任务导向性训练,让患者在坐位或站立时伸手够物并维持平衡,同时在患侧手穿戴振动反馈设备,提供感觉反馈,目的是提高平衡能力并改善患侧肢体功能。Krpic等<sup>[30]</sup>的研究也是通过虚拟现实技术进行任务导向性的平衡训练,但患者是在一个平衡支架(Balance Trainer, BT)内进行训练,该平衡支架可以抵抗患者骨盆在矢状面和冠状面产生的力,维持患者处于直立状态,避免患者

跌倒。

## 2 远程平衡康复应用评价

2.1 远程康复技术的优势 远程康复不受时间、距离限制,使出院患者能持续接受康复治疗,边远地区的患者也能获得有效康复治疗,让脑卒中患者功能恢复最大化。此外,远程康复治疗可实现一对多康复指导,提高治疗效率,可解决我国脑卒中患者基数大与康复资源匮乏、分布不均的矛盾。重复高强度的训练可促进神经重塑,这是脑卒中患者功能恢复的理论基础。远程康复治疗通常以游戏或任务为导向,形式新颖丰富,具有较好的趣味性,患者治疗时的积极性和依从性都能得到很大提高<sup>[31]</sup>,应用于家庭训练时具有更高的可重复性和针对性。同时,可穿戴设备、多媒体技术和VR技术等训练时能模拟多种训练场景,并为患者提供多种感觉反馈,可进一步提高治疗效果。且这些设备能够精确的监测患者的运动状态、收集运动数据,为患者的精准评估和针对性运动处方设计提供依据,也可用于大数据分析,对脑卒中康复做出更深入的研究。

2.2 有效性评价 已有多篇临床研究验证了远程康复技术改善脑卒中患者平衡功能的有效性<sup>[17, 28-30, 32]</sup>。例如,Chen<sup>[9]</sup>基于多媒体技术应用家庭远程监测系统对54名脑卒中患者进行了24周的干预,结果显示试验组患者的平衡功能改善情况与对照组没有差异;Krpic<sup>[30]</sup>的研究使用平衡支架结合VR技术对10名脑卒中患者进行了4周的治疗,结果显示患者的平衡能力得到有效改善,且花费更少的时间和人力。这些研究均提示远程康复能有效提高患者的平衡功能,改善患者日常生活功能。尽管不同远程康复设备不同,有效性不能一概而论,但这些研究说明远程康复治疗可在一定程度上取代传统的人工治疗,能有效减轻医务工作者负担并能提高医疗资源分配。目前我国有很多脑卒中患者甚至无法接触康复治疗,远程技术的推广能使康复教育覆盖更广,提高患者的康复意识,改善他们目前的生活状态,意义尤为重要。

2.3 安全性评价 脑卒中后具有平衡功能障碍的患者,在进行远程康复时,缺乏专业人员的监护,具有极高的跌倒风险,因此远程平衡康复治疗的安全性显得尤为重要。目前的研究中没有关于跌倒和不良事件(如疼痛)的报道,但大多数的远程康复系统都缺乏预防患者跌倒的设备。Krpic等<sup>[30]</sup>在远程训练中应用的平衡支架能保证患者保持直立,预防跌倒,是目前研究中较好的保护设备。此外,考虑到脑卒中患者自身健康状态、照顾者能力或家居环境等因素的影响,并不是

所有的脑卒中患者都适合进行远程康复治疗,因此应制定相应的评估标准,确保远程治疗能安全有效的进行。当前的研究重点在于远程康复的有效性,忽视了安全性问题,但安全性是一切训练开展的基础,也是远程康复应用于市场推广亟待解决的问题。

2.4 满意度评价 现有的研究显示,患者对于远程康复与常规康复的满意度没有明显差别,且对远程康复系统有较高的接受度,愿意继续接受远程康复治疗<sup>[17, 28]</sup>。脑卒中患者对远程康复治疗的满意度和依从性直接影响治疗效果。除了考虑患者的满意度,还要考虑远程康复设备是否能减轻照顾者负担。功能全面、穿戴方便、性价比高的远程康复设备更受患者的欢迎,更适合家庭应用。

2.5 卫生经济学分析 降低脑卒中患者医疗支出是推广远程康复治疗的目的之一,但目前相关研究较少。Llorens<sup>[33]</sup>的一个样本量为30人的随机对照研究显示,住院治疗的人均花费比远程康复治疗高出654.72美元。Deutsch<sup>[34]</sup>的个案报道表明了远程康复治疗减少了患者花费并缩短了治疗周期。远程康复治疗的成本-效果比直接影响患者的购买和使用,为进一步研究远程康复治疗的可行性,卫生经济学分析的大样本研究必不可少。

2.6 未来研究方向 远程康复治疗对象缺乏相应的准入标准。平衡功能障碍的脑卒中患者具有极高的跌倒风险,在缺乏专业人员监护时进行训练极易发生意外,因此设立严格的准入标准,纳入低风险患者,可有效避免意外事件的发生。准入标准的设立应考虑到对患者功能的评估、照顾者能力评估和训练环境评估等因素。已有研究在纳入患者时常用格拉斯哥昏迷量表(Glasgow Coma Scale scores, GCS)和简易精神状态评估量表(Mini Mental State Examination assessment, MMSE)量表进行评估<sup>[9]</sup>,排除具有认知功能障碍或严重言语障碍的患者,可作为制订准入标准的参考。远程康复治疗缺乏相应的评估体系。目前大多数研究仅能实现远程治疗,无法实现远程评估,仍依赖人工进行门诊或上门评估,未能实现真正的远程康复。屈云团队基于Brunnstrom分期研发的梯度式运动自动评定系统可通过穿戴式传感器对患者进行自动评估,但其仅能反应患者四肢的功能状态,不能反应平衡功能<sup>[22]</sup>。尽管有压力平板、传感器、3D摄像头等更精确的测量工具,但是缺乏相应的评估体系,无法真实准确地反应患者当前的平衡能力,更无法完成自动评估。这一方面仍需要进一步研究。可穿戴设备在远程康复的应用中具有较好的前景。可穿戴设备具有便携、成本低、精度高、占用空间小、使用不受场所限制等特点,

且可与移动终端互联,可实现大范围推广应用,比其他远程康复设备具有优势,但其应用于平衡康复的有效性仍需验证。

### 3 总结

3.1 更新观念 目前关于远程康复的研究都仅限于医院对家庭或社区的远程治疗,但远程康复的概念不应局限于此。广义的远程康复还应包括上级医院对下级医院的远程指导和医院内部的远程康复指导。上级医院具有更优的医疗资源和更先进的治疗技术,指导下级医院进行康复治疗可提高基层康复治疗师的治疗技术,同时能使更多患者受益。传统的住院康复治疗为治疗师在规定时间内、规定地点对患者进行一对一的康复训练,效率低且负担大。在医院内应用远程康复可实现一对多的康复指导,无需对患者进行时刻监护。治疗师可定时监测患者治疗效果,定时集中指导患者训练;或系统监测患者训练状态,有需求时再寻求治疗师指导,极大地提高治疗效率。

3.2 展望 已有多种远程康复技术能有效改善脑卒中患者的平衡功能障碍,但远程康复在我国尚处于起步阶段,仍存在诸多问题亟待解决。但随着人们对生活质量的追求越来越高,远程康复技术作为一种创新性的康复服务方式,必将得到蓬勃发展。

### 【参考文献】

- [1] Wang W, Jiang B, Sun H, et al. Prevalence, incidence, and mortality of stroke in china: Results from a nationwide population-based survey of 480 687 adults[J]. *Circulation*, 2017, 135(8): 759-771.
- [2] 王陇德, 刘建民, 杨弋, 等. 我国脑卒中防治仍面临巨大挑战——《中国脑卒中防治报告2018》概要[J]. *中国循环杂志*, 2019, 34(2): 105-119.
- [3] Rathore SS, Hinn AR, Cooper LS, et al. Characterization of incident stroke signs and symptoms: Findings from the atherosclerosis risk in communities study[J]. *Stroke*, 2002, 33(11): 2718-21.
- [4] 王丛笑, 鄢淑燕, 李伟, 等. 基于体感互动的综合平衡训练对脑卒中偏瘫患者平衡功能的影响[J]. *中国康复*, 2019, 34(3): 138-141.
- [5] 吴志远, 李坤彬, 娄书伟, 等. 下肢康复机器人训练对脑卒中患者运动及平衡功能的影响[J]. *康复学报*, 2020, 30(2): 114-118.
- [6] 徐睿华, 刘琦, 熊键, 等. 视觉反馈平衡训练对脑卒中偏瘫患者平衡及功能性转移能力的影响[J]. *中国康复*, 2010, 25(6): 430-431.
- [7] 任艳苹, 郭琪, 李雨晴, 等. 我国社区康复医疗资源的现状与需求[J]. *中国康复医学杂志*, 2014, 29(8): 757-759.
- [8] Brennan DM, Mawson S, Brownsell S. Telerehabilitation: Enabling the remote delivery of healthcare, rehabilitation, and self management[J]. *Stud Health Technol Inform*, 2009, 145(2): 31-

- 48.
- [9] Chen J, Jin W, Dong WS, et al. Effects of home-based telesupervising rehabilitation on physical function for stroke survivors with hemiplegia: A randomized controlled trial[J]. *Am J Phys Med Rehabil*, 2017, 96(3):152-160.
- [10] Bergquist T, Gehl C, Mandrekar J, et al. The effect of internet-based cognitive rehabilitation in persons with memory impairments after severe traumatic brain injury[J]. *Brain Inj*, 2009, 23(10):790-799.
- [11] Macoir J, Sauvageau VM, Boissy P, et al. In-home synchronous telespeech therapy to improve functional communication in chronic poststroke aphasia: Results from a quasi-experimental study[J]. *Telemed J E Health*, 2017, 23(8):630-639.
- [12] Linder SM, Rosenfeldt AB, Bay RC, et al. Improving quality of life and depression after stroke through telerehabilitation[J]. *Am J Occup Ther*, 2015, 69(2):1-10.
- [13] 金燕, 陈静, 李煜珍, 等. 远程康复护理干预对急性脑卒中偏瘫病人日常生活能力及照顾者压力指数的影响[J]. *护理研究*, 2016, 30(2):202-204.
- [14] Berg M, Crotty M, Liu EW, et al. Early supported discharge by caregiver-mediated exercises and e-health support after stroke a proof-of-concept trial[J]. *Stroke*, 2016, 47(7):1885-1892.
- [15] Chen J, Liu M, Sun D, et al. Effectiveness and neural mechanisms of home-based telerehabilitation in patients with stroke based on fmri and dti: A study protocol for a randomized controlled trial[J]. *Medicine (Baltimore)*, 2018, 97(3):9605-9611.
- [16] 张冬梅. 计算机多媒体技术的应用与发展[J]. *信息记录材料*, 2019, 20(8):131-132.
- [17] Lin KH, Chen CH, Chen YY, et al. Bidirectional and multi-user telerehabilitation system: Clinical effect on balance, functional activity, and satisfaction in patients with chronic stroke living in long-term care facilities[J]. *Sensors (Basel)*, 2014, 14(7):12451-12466.
- [18] 孟琳, 都天慧, 范晶晶, 等. 基于微型传感器的可穿戴远程康复设备的设计[J]. *中国医疗器械杂志*, 2017, 41(3):189-192.
- [19] Koh GC, Yen SC, Tay A, et al. Singapore tele-technology aided rehabilitation in stroke (stars) trial: Protocol of a randomized clinical trial on tele-rehabilitation for stroke patients[J]. *BMC Neurol*, 2015, 15(1):61-65.
- [20] Kumar Y, Yen SC, Tay A, et al. Wireless wearable range-of-motion sensor system for upper and lower extremity joints: A validation study[J]. *Healthc Technol Lett*, 2015, 2(1):12-17.
- [21] 都天慧, 袁梦玮, 屈云. 基于安全性和用户体验的远程康复系统设计[J]. *中国医疗器械杂志*, 2017, 41(2):110-113.
- [22] 刘洪红, 都天慧, 王婷婷, 等. 远程康复设备梯度式运动功能自动评定系统在脑卒中患者中的应用[J]. *中国医疗器械杂志*, 2018, 42(2):88-91.
- [23] Laver K, George S, Thomas S, et al. Virtual reality for stroke rehabilitation: An abridged version of a cochrane review[J]. *Eur J Phys Rehabil Med*, 2015, 51(4):497-506.
- [24] Gatica-Rojas V, Mendez-Rebolledo G. Virtual reality interface devices in the reorganization of neural networks in the brain of patients with neurological diseases[J]. *Neural Regen Res*, 2014, 9(8):888-896.
- [25] Fung J. Gait and balance training using virtual reality is more effective for improving gait and balance ability after stroke than conventional training without virtual reality[J]. *J Physiother*, 2017, 63(2):114-116.
- [26] 张丽华, 米立新, 马全胜, 等. 虚拟现实平衡训练对脑卒中患者的临床疗效[J]. *中国康复*, 2019, 34(12):635-638.
- [27] Teasell R, Foley N, Salter K, et al. Evidence-based review of stroke rehabilitation: Executive summary, 12th edition[J]. *Top Stroke Rehabil*, 2009, 16(6):463-488.
- [28] Held JP, Ferrer B, Mainetti R, et al. Autonomous rehabilitation at stroke patients home for balance and gait: Safety, usability and compliance of a virtual reality system[J]. *Eur J Phys Rehabil Med*, 2018, 54(4):545-553.
- [29] Kato N, Tanaka T, Sugihara S, et al. Development and evaluation of a new telerehabilitation system based on vr technology using multisensory feedback for patients with stroke[J]. *J Phys Ther Sci*, 2015, 27(10):3185-3190.
- [30] Krpic A, Savanovic A, Cikajlo I. Telerehabilitation: Remote multimedia-supported assistance and mobile monitoring of balance training outcomes can facilitate the clinical staff's effort[J]. *Int J Rehabil Res*, 2013, 36(2):162-171.
- [31] Laver KE, Schoene D, Crotty M, et al. Telerehabilitation services for stroke[J]. *Cochrane Database Syst Rev*, 2013, (12):010255-10262.
- [32] Tchero H, Tabue Teguo M, Lannuzel A, et al. Telerehabilitation for stroke survivors: Systematic review and meta-analysis[J]. *J Med Internet Res*, 2018, 20(10):10867-10871.
- [33] Llorens R, Noe 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]. *Arch Phys Med Rehabil*, 2015, 96(3):418-425.
- [34] Deutsch JE, Maidan I, Dickstein R. Patient-centered integrated motor imagery delivered in the home with telerehabilitation to improve walking after stroke[J]. *Phys Ther*, 2012, 92(8):1065-1077.