

·综述·

数字疗法在精神科的临床应用与发展☆

竺腾* 莫苡楠* 金瑞琳* 李瀚林* 章梦杰* 俞嘉韵* 郑莞滢* 杨闯[△]✉

【摘要】数字疗法(digital therapeutics, DTs)是指利用计算机、智能手机和可穿戴设备等电子设备,通过软件程序和互联网技术,对疾病或症状进行评估、干预的一类非药物治疗方法,目前已证实其对多种精神障碍疾病存在良好的治疗效果。数字疗法能够改善睡眠障碍人群的失眠问题,增强注意力缺陷多动障碍患者的注意力和工作记忆能力,同时还能治疗抑郁症、焦虑症等疾病。数字疗法在未来将向个性化治疗、通俗化治疗、碎片化治疗、娱乐化治疗等方向发展,具有广阔的发展前景。

【关键词】数字疗法 数字干预 认知行为治疗 睡眠障碍 注意力缺陷多动障碍 抑郁症 焦虑症 精神障碍 精神科治疗

【中图分类号】R749;R749.05

【文献标识码】A

Clinical application and development of digital therapy in psychiatry. ZHU Teng, MO Yinan, JIN Ruilin, LI Hanning, ZHANG Menjie, YU Jiayun, ZHENG Wanying, YANG Chuang. The First Affiliated Hospital of Wenzhou Medical University, Wenzhou 325000, China. Tel: 0577-55579999

【Abstract】 Digital therapeutics (DTs) refers to a non-drug intervention method that uses electronic devices such as computers, smartphones, and wearable devices to evaluate and intervene through software programs and Internet technologies. It has been confirmed that there is a good therapeutic effect on a variety of mental disorders. Digital therapeutics can improve the insomnia problems of insomniacs, enhance the attention and work memory ability of patients with attention deficit hyperactivity disorder, and can also alleviate symptoms such as depression and anxiety disorder. Digital therapy will develop towards personalized treatment, popular treatment, fragmented treatment, and entertainment treatment in the future and have broad development prospects.

【Key words】 Digital therapeutics Digital intervention Cognitive behavioral therapy Insomnia Attention deficit hyperactivity disorder Depression Anxiety disorder Mental disorder Psychiatric treatment

近十年里,数字健康领域正在逐渐形成,以数字疗法、人工智能(artificial intelligence, AI)医疗、远程医疗为代表的新技术与新模式爆发式增长。其中,数字疗法(digital therapeutics, DTs)备受关注,这是一种利用计算机、智能手机和可穿戴设备等电子设备,通过软件程序和互联网技术,对疾病或症状进行评估、干预的非药物治疗方法,也被称为数字健康干预(digital health interventions, DHIs)。本文列举了近年来数字疗法在精神疾病领域的最新研究进展以及空白领

域,旨在为未来的研究提供思路与方向,推进数字疗法的技术发展与更新。

1 数字疗法在睡眠障碍的应用

睡眠障碍是一项严重的公共健康问题。美国医师学会已经将失眠认知行为疗法(cognitive behavioral therapy for insomnia, CBT-I)作为睡眠障碍的一线治疗方法^[1],该疗法能够改善慢性失眠成人的睡眠质量,延长总睡眠时间^[2],并且不必担心药物耐受或不良反应。但因为高昂的时间、经济成本和缺少专业的治疗师,该项治疗措施难以进行大范围推广。而数字认知行为疗法的出现或将打破这一困境。

失眠数字认知行为治疗(digital cognitive behavioral therapy for insomnia, dCBT-I)是数字疗法在睡眠障碍领域代

doi:10.3969/j.issn.1002-0152.2023.10.009

☆ 浙江省自然科学基金(编号:Y20190095)

* 温州医科大学(温州 325000)

△ 温州医科大学附属第一医院精神科

✉ 通信作者(E-mail: dryangchuang@163.com)

表性的应用成果之一。dCBT-I是通过数字应用程序代替传统人工过程的交互式治疗手段,应用程序自动接收患者病史数据,根据算法提供个体化针对性的失眠治疗方案,并监督患者落实治疗过程。因其具有空间灵活性和实时交互性的特点,患者可以居家或在熟悉场所进行治疗,为患者提供便利的同时,减轻了临床压力。

1.1 dCBT-I的疗效 dCBT-I的疗效已经得到验证。一项来自英国的大型单盲随机对照试验将3755名存在失眠的大学生随机分配进行dCBT-I治疗或常规护理,为期10周。与常规护理相比,dCBT-I治疗减少了失眠,同时还减轻了妄想和幻觉症状^[3]。meta分析显示由治疗师进行基于网络的dCBT-I治疗,能使患者总睡眠时间延长,睡眠开始潜伏期缩短,睡眠后觉醒减少,以及睡眠效率提高^[4],并且在短期随访和1年随访中仍持续有效^[5]。即使没有治疗师的帮助,患者在线上独立完成dCBT-I干预,18个月后随访,睡眠、日间功能和睡眠信念仍有持续改善^[6]。

1.2 dCBT-I与药物治疗对比 与睡眠障碍传统药物治疗相比,dCBT-I的优势十分明显。Somryst是一款由美国食品药品监督管理局授权的数字处方治疗(prescription digital therapeutic,PDT)。对20项研究进行的网络meta分析发现,与面对面的认知行为治疗、睡眠药物或安慰剂相比,Somryst提供的数字认知行为治疗有可能更为有效,因为Somryst干预后失眠患者的失眠严重程度指数(insomnia severity index,ISI)表现出统计学上的显著改善,并且根据ISI平均变化,Somryst成为最有效治疗方法的概率最高(56%)^[7]。美国医师学会和美国睡眠医学学会建议将CBT-I作为一线治疗,这不仅基于CBT-I已被证明的益处,还基于CBT-I的优越安全性。根据药物、剂量和使用频率的不同,治疗睡眠障碍的许多药物存在潜在安全问题,其中包括反弹性失眠、反应迟钝、成瘾性、依赖性、机动车事故与老年患者跌倒风险增加^[8-9]。相比之下,CBT-I比药物更安全、更有效。

1.3 dCBT-I对特殊人群的疗效 dCBT-I在围产期妇女、学龄期儿童等特殊人群中具有良好的治疗效果。围产期妇女绝大多数存在失眠问题^[10],通常表现为严重的睡眠中断、睡眠不足和高比例的睡眠障碍症状^[11]。有研究显示失眠症状和围产期抑郁之间存在密切关联^[12],因此有必要对孕妇的失眠问题进行预防和控制。考虑到睡眠药物可能对胎儿产生不利影响^[13],dCBT-I更容易被患者所接受。对91名接近/进入妊娠晚期且存在失眠的孕妇随机分组进行dCBT-I治疗或对照治疗的研究发现,dCBT-I组孕妇治疗后ISI和匹兹堡睡眠质量指数降低,夜间睡眠时间增加32 min,而对照组

无明显变化^[14],该结果可以证明dCBT-I对围产期妇女同样有效。此外,有研究对学龄儿童实施dCBT-I干预,发现dCBT-I对睡眠(睡眠潜伏期、睡眠后觉醒、睡眠效率)和焦虑有积极影响^[15]。然而,儿童的总睡眠时间没有变化,这一特点在多项研究中共同有体现^[15-16],与成人治疗结果有明显区别。

1.4 dCBT-I改善失眠伴其他精神症状 以失眠伴抑郁为例,HENRY等^[17]对患有失眠且显著抑郁的患者采用了dCBT-I治疗,在干预后(8~10周)患者失眠和抑郁症状显著改善,并且抑郁症状临床显著改善的概率提高,干预中期(3~4周)睡眠改善在干预后(8~10周)对抑郁症状的干预效果中起到了87%的作用。该研究提示dCBT-I对失眠的改善效果甚至可以延伸到抑郁症状。因此,改善失眠可能是治疗抑郁症的一个重要治疗靶点。研究证明,抑郁、焦虑和紧张症状并不会损害CBT-I的有效性,反而能使失眠障碍患者抑郁、焦虑和紧张症状得到中度至大幅度改善^[18]。在meta分析中,WU等^[19]发现,与失眠伴躯体疾病相比,CBT-I对失眠伴精神疾病的患者更有效。这可能是因为睡眠障碍与精神症状的相关性比与躯体症状的相关性更强,合并精神症状的患者在接受CBT-I的认知治疗过程中,焦虑、抑郁和总体生活质量得到有效改善。

1.5 电子助眠剂 人们对睡眠质量要求的提高催生出了助眠剂产品。不同于dCBT-I,电子助眠剂主要帮助睡眠浅或入睡时间延长的轻症人群,而非严重失眠的患者。电子助眠剂的产品一般使用听觉刺激作为诱导,如一款“睡眠声音机”可为用户提供48种自然界的聲音诱导睡眠,包括雨水、溪流、风、大海、鸟鸣、乐器等轻柔噪声。MESSINEO等^[20]在18名健康受试者中研究白噪声对睡眠的诱导作用,结果表明,与正常环境噪声相比,白噪声可将睡眠开始潜伏期减少38%。这类产品较为适用于轻度睡眠障碍的人群。

2 数字疗法在注意力缺陷多动障碍的运用

注意力缺陷多动障碍(attention deficit / hyperactivity disorder,ADHD)是儿童和青少年精神病学中常见疾病之一,患病率超过5%^[21]。目前,对于ADHD最推荐的疗法是患者-父母-学校多模式治疗方法^[22],该模式要求父母和学校共同参与,需要监护人投入大量精力和财力,一般家庭难以负担。而药物治疗方面,哌甲酯、苯丙胺、阿托莫西汀等药物虽然疗效明显,但同时也可能导致睡眠障碍、焦虑、厌食、体重减轻等不良反应^[23]。因此迫切需要一种更加安全、经济的手段治疗儿童或青少年的注意力缺陷症状。

ADHD数字疗法的灵感最早来自于电子游戏,在早期的文献也将其称为“严肃游戏”。2009年,HAN等^[24]在研究哌甲酯对ADHD儿童网络视频游戏影响的过程中发现,哌甲酯和网络视频游戏均可以增加突触多巴胺,而ADHD儿童在接受8周哌甲酯治疗后,网络视频游戏的使用频率显著下降,因此谨慎地推测玩网络视频游戏可能是ADHD儿童自我治疗的一种方式。PRINS等^[25]尝试在标准计算机化工作记忆训练中添加游戏元素,结果是使用游戏版工作记忆训练的ADHD孩子表现出更大的动机、更好的训练表现和更好的工作记忆分数。VAN DER OORD等^[26]在门诊对ADHD儿童使用带有游戏元素的执行功能补救训练,同样得到了肯定的疗效。此后,有研究招募85例患有ADHD的学龄儿童参与Cogmed工作记忆训练(计算机化训练计划)试验,结果表明ADHD患儿在训练后言语和非言语工作记忆存储方面表现出显著改善^[27]。另有研究使用一款围棋游戏也能改善ADHD儿童的认知功能和大脑活动^[28]。越来越多的证据表明,这类游戏风格的训练软件确实存在改善注意力缺陷的功能。

2020年,美国食品和药物管理局批准了第一款基于游戏的数字疗法设备——EndeavorRx,它适用于8~12岁以注意力不集中或混合型多动症为主要表现,有明显注意力问题的儿童。此后,各式各样的新型数字疗法产品蓬勃发展。其中,AKL-T01备受关注,这是一款视频游戏类型数字疗法软件,ADHD患儿每天进行25 min的家庭游戏,每周5 d,持续4周,训练组注意力表现指数与基线相比平均变化为0.93,对照组为0.03,疗效显著,348例受试者均无严重不良反应,轻微不良事件仅有挫折感(5例)和头痛(3例),患者依从性平均为83%^[29]。该研究证明数字疗法具有较高的有效性、安全性和患者接受度。随后,该课题组又探究了数字疗法辅助药物治疗ADHD儿童的疗效,研究招募8~14岁已用药和从不用药的ADHD儿童,均使用AKL-T01治疗4周,暂停4周,再治疗4周,在此期间患者均保持之前的用药或不用药方案,结果用药或不用药患者的ADHD相关症状均显著改善,治疗耐受性良好,无严重不良事件^[30]。这些试验证明了数字疗法能为接受药物治疗的ADHD儿童提供额外的治疗效益。

数字疗法软件通常被设计为手机或平板电脑的应用程序,使用方便,可以随时随地开展治疗,简洁的游戏界面保证了低年龄儿童能够正确理解注意力训练内容,节约了培训监督者的人力成本和时间成本,非常适合居家长期治疗。DAVIS等^[31]对40例ADHD患儿开展28 d居家数字处方治疗

后,患儿的计算机注意力任务和空间工作记忆均有显著改善,注意力高度受损的ADHD患儿改善更加明显。HA等^[32]使用移动应用程序干预12例ADHD患儿和9例智力障碍患儿,参与者每次需要完成3个治疗任务,每周3次,为期12周,研究者仅通过后台数据进行线上监督,最后60%参与者的临床印象量表评分有所改善。数字疗法在保证治疗效果的前提下,极大地解放了患者的可支配时间,使其更愿意接受长期治疗。

数字疗法不仅对ADHD儿童有效,而且适用于成年ADHD患者。虽然成年人ADHD的患病率不及儿童,但成年人通常肩负着更大的社会责任和扮演更重要的社会角色,其病态的行为和功能可能会对社会造成更加严重损害,因此成年ADHD患者同样需要得到足够的关注,但目前这方面的研究较少。SELASKOWSKI等^[33]研发了一款智能手机应用程序,用于辅助成年ADHD患者完成群体心理教育,患者使用后ADHD的核心症状都显著减轻,其中注意力缺陷和冲动的改善效果更加明显,并且完成家庭注意力作业的依从性高于对照组。JANG等^[34]创建了一款名为“Todaki”的聊天机器人应用程序,它能在聊天的过程中提供认知行为治疗或心理支持,使用者能够轻松获得和自我指导管理,ADHD症状的改善程度也与使用聊天程序的次数呈正相关。成年人相较于儿童有着更强的自制力和依从性,数字疗法确实能够在成年ADHD患者中获得更大的治疗效益。

3 数字疗法在精神科其它领域的应用

3.1 抑郁症 近十年来,有不少试验研究了数字疗法对抑郁症患者的疗效。VENKATESAN等^[35]对轻至中度抑郁症患者实施为期12周的数字认知行为治疗计划,结束时患者健康问卷评分平均降低3.76分,治疗延续至第9个月时患者评分减少平均5.19分,抑郁情绪进一步降低,且疗效持久。芬兰一项研究通过手机应用程序为抑郁症患者提供日常认知行为治疗和正念冥想练习以及群聊、通话等功能,结果显示第1次干预后和4周后患者抑郁症状均有所改善^[36]。IACOVIELLO等^[37]招募51例重型抑郁障碍患者,其中28例进行数字情绪面孔记忆任务(emotional faces memory task, EFMT),23例作为对照进行工作记忆训练,干预后EFMT组抑郁症状严重程度显著降低,且EFMT组中有10例获得了临床缓解。随后,HOCH等^[38]对数字EFMT作用的神经机制进行深入探究,发现了数字疗法干预大脑可塑性的初步证据,在EMFT后,工作记忆诱导的从大脑认知控制区域(右背侧前额叶皮质和双侧背侧前扣带皮质)到右侧杏仁核的有

效连接增加,而有效连接是短期神经网络水平可塑性的一个指标^[39],这就提示EFMT可能与严重抑郁障碍相关的大脑网络短期可塑性变化有关。此外,EFMT诱导的皮质控制区和边缘脑区之间的有效连接在治疗后增加,这与临床症状改善有关。

围产期女性是抑郁症的高发人群。TANG等^[40]为产后抑郁患者提供了一款“MamaLift Plus”移动应用程序,鼓励女性在“每日学习”功能中接受心理治疗课程,2周后约76%的使用者认同该软件的疗效。同时,中老年人群的心理问题也适用于数字疗法。一项面向中老年抑郁患者的研究表明,数字心理健康干预能使中老年患者在抑郁和焦虑症状方面表现出明显改善^[41]。也有研究显示数字疗法能改善新型冠状病毒肺炎疫情期间中老年人的孤独感,提升心理健康与生活质量^[42]。

3.2 焦虑症 焦虑症数字疗法的主要研发方向在于设计一款应用程序模拟传统的心理治疗过程。ROY等^[43]测试了一款正念训练应用程序“Unwinding Anxiety”,经2个月的治疗后正念训练组的广泛焦虑障碍量表(generalized anxiety disorder, GAD-7)评分较对照组显著降低。该团队也对医生使用了正念训练程序,希望能减少医生的焦虑和倦怠,结果是34名医生的GAD-7评分在治疗开始后1个月下降48%,3个月随访时下降57%^[44]。HWANG等^[45]采用基于认知行为疗法的手机应用程序进行工作场所的压力管理,有效地减轻了工作人群的压力,提高了工作参与度和生活质量。虽然目前关于数字疗法改善焦虑症的研究仍然较少,但从现有研究结果来说,数字疗法的意义还是积极且值得肯定的,相信将来还有更加广阔的探索空间。

4 数字疗法的发展趋势

数字疗法在欧美国家的应用已经十分普遍,但在我国尚处于起步阶段。根据目前国内主流研究方向及未来医疗科研环境,总结了以下几个发展方向。

①个体化治疗:个体化治疗是根据患者的个体差异和病情特点,为其量身定制的数字化治疗方案。数字疗法可通过采集患者的生理、心理、行为等数据,结合人工智能、大数据等技术,对患者进行个性化分析和评估,制定出最适合患者的治疗方案。

②通俗化治疗:大多数字疗法需要患者独立操作和理解,要求患者拥有较高的受教育程度,这就导致数字疗法的治疗群体受到局限,难以推广。随着未来数字疗法产业的不断进步,数字产品的人机交互功能将越来越优秀,治疗流

程通俗易懂,即使患者受教育程度较低或对电子设备不甚熟悉,也能简单地操作产品完成治疗。

③碎片化治疗:随着时代的发展,人们的生活节奏越来越快,个人可支配时间变得分散,大多数患者较难接受长期的住院治疗、门诊、随访等传统诊疗方式,反而更倾向于每天花费几分钟就能达到治疗效果的碎片化治疗模式,数字疗法能很好地满足患者这类需求。

④娱乐化治疗:数字疗法可以包括虚拟现实、游戏治疗等,这些治疗方法通常带有趣味色彩,像是一种日常娱乐,更贴近健康人群的生活方式,有助于减轻精神疾病患者的病耻感,消除对治疗的恐惧心理,提高治疗依从性。

未来,随着信息技术与医疗行业的融合日益加深,数字疗法在精神疾病治疗领域将会发挥越来越重要的作用。新型智能设备以及人工智能技术发展成熟,数字疗法将会更加智能化、个性化、远程化以及动态化,从而实现疾病治疗全过程的数字化。

参 考 文 献

- [1] QASEEM A, KANSAGARA D, FORCIEA M A, et al. Clinical Guidelines Committee of the American College of Physicians. Management of Chronic Insomnia Disorder in Adults: A Clinical Practice Guideline From the American College of Physicians[J]. Ann Intern Med, 2016, 165(2): 125-133.
- [2] TRAUER J M, QIAN M Y, DOYLE J S, et al. Cognitive Behavioral Therapy for Chronic Insomnia: A Systematic Review and Meta-analysis[J]. Ann Intern Med, 2015, 163(3): 191-204.
- [3] FREEMAN D, SHEAVES B, GOODWIN G M, et al. The effects of improving sleep on mental health (OASIS): a randomised controlled trial with mediation analysis[J]. Lancet Psychiatry, 2017, 4(10): 749-758.
- [4] HASAN F, TU Y K, YANG C M, et al. Comparative efficacy of digital cognitive behavioral therapy for insomnia: A systematic review and network meta-analysis[J]. Sleep Med Rev, 2022, 61: 101567.
- [5] SOH H L, HO R C, HO C S, et al. Efficacy of digital cognitive behavioural therapy for insomnia: a meta-analysis of randomised controlled trials[J]. Sleep Med, 2020, 75: 315-325.
- [6] VEDAA Ø, HAGATUN S, KALLESTAD H, et al. Long-Term Effects of an Unguided Online Cognitive Behavioral Therapy for Chronic Insomnia[J]. J Clin Sleep Med, 2019, 15(1): 101-110.
- [7] FORMA F, PRATIWADI R, EL-MOUSTAID F, et al. Network meta-analysis comparing the effectiveness of a prescription digi-

- tal therapeutic for chronic insomnia to medications and face-to-face cognitive behavioral therapy in adults[J]. *Curr Med Res Opin*, 2022, 38(10): 1727–1738.
- [8] MOVIG K L, MATHIJSEN M, NAGEL P, et al. Psychoactive substance use and the risk of motor vehicle accidents[J]. *Accid Anal Prev*, 2004, 36(4): 631–636.
- [9] FINKLE W D, DER J S, GREENLAND S, et al. Risk of fractures requiring hospitalization after an initial prescription for zolpidem, alprazolam, lorazepam, or diazepam in older adults[J]. *J Am Geriatr Soc*, 2011, 59(10): 1883–1890.
- [10] MINDELL J A, JACOBSON B J. Sleep disturbances during pregnancy[J]. *J Obstet Gynecol Neonatal Nurs*, 2000, 29(6): 590–597.
- [11] MINDELL J A, COOK R A, NIKOLOVSKI J. Sleep patterns and sleep disturbances across pregnancy[J]. *Sleep Med*, 2015, 16(4): 483–488.
- [12] EMAMIAN F, KHAZAIE H, OKUN M L, et al. Link between insomnia and perinatal depressive symptoms: A meta-analysis[J]. *J Sleep Res*, 2019, 28(6): e12858.
- [13] GRIGORIADIS S, GRAVES L, PEER M, et al. Pregnancy and Delivery Outcomes Following Benzodiazepine Exposure: A Systematic Review and Meta-analysis[J]. *Can J Psychiatry*, 2020, 65(12): 821–834.
- [14] KALMBACH D A, CHENG P, O'BRIEN L M, et al. A randomized controlled trial of digital cognitive behavioral therapy for insomnia in pregnant women[J]. *Sleep Med*, 2020, 72: 82–92.
- [15] PAINE S, GRADISAR M. A randomised controlled trial of cognitive-behaviour therapy for behavioural insomnia of childhood in school-aged children[J]. *Behav Res Ther*, 2011, 49(6–7): 379–388.
- [16] SCHLARBA A A, BIHLMAIER I, VELTEN-SCHURIAN K, et al. Short- and Long-Term Effects of CBT-I in Groups for School-Age Children Suffering From Chronic Insomnia: The KiSS-Program[J]. *Behav Sleep Med*, 2018, 16(4): 380–397.
- [17] HENRY A L, MILLER C B, EMSLEY R, et al. Insomnia as a mediating therapeutic target for depressive symptoms: A sub-analysis of participant data from two large randomized controlled trials of a digital sleep intervention[J]. *J Sleep Res*, 2021, 30(1): e13140.
- [18] SWEETMAN A, LOVATO N, MICIC G, et al. Do symptoms of depression, anxiety or stress impair the effectiveness of cognitive behavioural therapy for insomnia? A chart-review of 455 patients with chronic insomnia[J]. *Sleep Med*, 2020, 75: 401–410.
- [19] WU J Q, APPLEMAN E R, SALAZAR R D, et al. Cognitive Behavioral Therapy for Insomnia Comorbid With Psychiatric and Medical Conditions: A Meta-analysis[J]. *JAMA Intern Med*, 2015, 175(9): 1461–1472.
- [20] MESSINEO L, TARANTO-MONTEMURRO L, SANDS S A, et al. Broadband Sound Administration Improves Sleep Onset Latency in Healthy Subjects in a Model of Transient Insomnia[J]. *Front Neurol*, 2017, 8: 718.
- [21] DRECHSLER R, BREM S, BRANDEIS D, et al. ADHD: Current Concepts and Treatments in Children and Adolescents[J]. *Neuropediatrics*, 2020, 51(5): 315–335.
- [22] DÖPFNER M, ISE E, BREUER D, et al. Long-Term Course After Adaptive Multimodal Treatment for Children With ADHD: An 8-Year Follow-Up[J]. *J Atten Disord*, 2020, 24(1): 145–162.
- [23] CATALÁ-LÓPEZ F, HUTTON B, NÚÑEZ-BELTRÁN A, et al. The pharmacological and non-pharmacological treatment of attention deficit hyperactivity disorder in children and adolescents: A systematic review with network meta-analyses of randomised trials[J]. *PLoS One*, 2017, 12(7): e0180355.
- [24] HAN D H, LEE Y S, NA C, et al. The effect of methylphenidate on Internet video game play in children with attention-deficit/hyperactivity disorder[J]. *Compr Psychiatry*, 2009, 50(3): 251–256.
- [25] PRINS P J, DOVIS S, PONSIOEN A, et al. Does computerized working memory training with game elements enhance motivation and training efficacy in children with ADHD[J]. *Cyberpsychol Behav Soc Netw*, 2011, 14(3): 115–122.
- [26] VAN DER OORD S, PONSIOEN A J, GEURTS H M, et al. A pilot study of the efficacy of a computerized executive functioning remediation training with game elements for children with ADHD in an outpatient setting: outcome on parent- and teacher-rated executive functioning and ADHD behavior[J]. *J Atten Disord*, 2014, 18(8): 699–712.
- [27] CHACKO A, BEDARD A C, MARKS D J, et al. A randomized clinical trial of Cogmed Working Memory Training in school-age children with ADHD: a replication in a diverse sample using a control condition[J]. *J Child Psychol Psychiatry*, 2014, 55(3): 247–255.
- [28] KIM S H, HAN D H, LEE Y S, et al. Baduk (the Game of Go) Improved Cognitive Function and Brain Activity in Children with Attention Deficit Hyperactivity Disorder[J]. *Psychiatry Investig*, 2014, 11(2): 143–151.
- [29] KOLLINS S H, DELOSS D J, CAÑADAS E, et al. A novel digital intervention for actively reducing severity of paediatric ADHD (STARS-ADHD): a randomised controlled trial[J]. *Lancet Digit Health*, 2020, 2(4): e168–e178.
- [30] KOLLINS S H, CHILDRESS A, HEUSSER A C, et al. Effective-

- ness of a digital therapeutic as adjunct to treatment with medication in pediatric ADHD[J]. NPJ Digit Med, 2021, 4(1): 58.
- [31] DAVIS N O, BOWER J, KOLLINS S H. Proof-of-concept study of an at-home, engaging, digital intervention for pediatric ADHD [J]. PLoS One, 2018, 13(1): e0189749.
- [32] HA S, HAN J H, AHN J, et al. Pilot study of a mobile application-based intervention to induce changes in neural activity in the frontal region and behaviors in children with attention deficit hyperactivity disorder and/or intellectual disability[J]. J Psychiatr Res, 2022, 146: 286–296.
- [33] SELASKOWSKI B, STEFFENS M, SCHULZE M, et al. Smartphone-assisted psychoeducation in adult attention-deficit/hyperactivity disorder: A randomized controlled trial[J]. Psychiatry Res, 2022, 317: 114802.
- [34] JANG S, KIM J J, KIM S J, et al. Mobile app-based chatbot to deliver cognitive behavioral therapy and psychoeducation for adults with attention deficit: A development and feasibility/usability study[J]. Int J Med Inform, 2021, 150: 104440.
- [35] VENKATESAN A, RAHIMI L, KAUR M, et al. Digital Cognitive Behavior Therapy Intervention for Depression and Anxiety: Retrospective Study[J]. JMIR Ment Health, 2020, 7(8): e21304.
- [36] GOLDIN P R, LINDHOLM R, RANTA K, et al. Feasibility of a Therapist-Supported, Mobile Phone-Delivered Online Intervention for Depression: Longitudinal Observational Study[J]. JMIR Form Res, 2019, 3(1): e11509.
- [37] IACOVIELLO B M, MURROUGH J W, HOCH M M, et al. A randomized, controlled pilot trial of the Emotional Faces Memory Task: a digital therapeutic for depression[J]. NPJ Digit Med, 2018, 1: 21.
- [38] HOCH M M, DOUCET G E, MOSER D A, et al. Initial Evidence for Brain Plasticity Following a Digital Therapeutic Intervention for Depression[J]. Chronic Stress (Thousand Oaks), 2019, 3: 2470547019877880.
- [39] STEPHAN K E, BALDEWEG T, FRISTON K J. Synaptic plasticity and dysconnection in schizophrenia[J]. Biol Psychiatry, 2006, 59(10): 929–939.
- [40] TANG J J, MALLADI I, COVINGTON M T, et al. Consumer acceptance of using a digital technology to manage postpartum depression[J]. Front Glob Womens Health, 2022, 3: 844172.
- [41] GOULD C E, CARLSON C, MA F, et al. Effects of Mobile App-Based Intervention for Depression in Middle-Aged and Older Adults: Mixed Methods Feasibility Study[J]. JMIR Form Res, 2021, 5(6): e25808.
- [42] GOULD C E, CARLSON C, ALFARO A J, et al. Changes in Quality of Life and Loneliness Among Middle-Aged and Older Adults Participating in Therapist-Guided Digital Mental Health Intervention[J]. Front Public Health, 2021, 9: 746904.
- [43] ROY A, HOGE E A, ABRANTE P, et al. Clinical Efficacy and Psychological Mechanisms of an App-Based Digital Therapeutic for Generalized Anxiety Disorder: Randomized Controlled Trial [J]. J Med Internet Res, 2021, 23(12): e26987.
- [44] ROY A, DRUKER S, HOGE E A, et al. Physician Anxiety and Burnout: Symptom Correlates and a Prospective Pilot Study of App-Delivered Mindfulness Training[J]. JMIR Mhealth Uhealth, 2020, 8(4): e15608.
- [45] HWANG H, KIM S M, NETTERSTRØM B, et al. The Efficacy of a Smartphone-Based App on Stress Reduction: Randomized Controlled Trial[J]. J Med Internet Res, 2022, 24(2): e28703.

(收稿日期:2023-07-10)

(责任编辑:肖雅妮)