

·综述·

不同途径工作记忆训练在认知干预中的研究进展*

戚卉妍^{1,3} 梁俊杰^{1,2} 林强^{1,2} 王玉珏^{1,2} 欧海宁^{1,2} 郭媛媛^{1,2,3,4}

认知功能包括记忆力、计算力、时间及空间定向力、执行力、语言理解和表达、逻辑等方面,属于人类大脑的能力^[1]。由于脑损伤、脑退化等多种原因导致上述一种或多种认知能力发生障碍,称为认知功能障碍^[2]。认知功能障碍常带来一系列不良后果,影响患者语言言语、运动功能、日常生活活动能力,以及情绪的恢复,降低整体康复疗效^[3]。因此,对认知功能的干预成为临床工作者和研究者重点关注的问题^[4-6]。近年来,越来越多对认知功能训练的研究转向对核心能力(core ability)的训练,如工作记忆(working memory)、信息加工(information processing)、执行力(executive)等^[7]。

工作记忆是认知功能研究的热点,是一个在短时间内维持和操纵信息的容量系统,且与其他认知功能也有密切相关,如推理和问题解决、语言理解、空间思维、心算和流体智力(fluid intelligence)^[8]。基于认知心理学理论,工作记忆由四个成分组成:中央执行系统(central executive)、视空间模板(visuo-spatial sketch pad)、语音回路(phonological loop)和情景缓冲器(episodic buffer)^[8]。针对工作记忆的训练,是指对工作记忆各成分进行训练,以提高个体工作记忆能力^[9]。Holmes、Owens、Molen等^[10-12]对于工作记忆训练的疗效进行研究,结果表明通过针对性工作记忆训练,工作记忆能得到不同程度的提升,而且产生迁移效应,对于其他认知能力均有改善作用,证明其属于治疗认知功能障碍的方法之一^[9,13-15]。由于工作记忆存在不同成分,可根据不同的刺激途径把工作记忆训练分为听觉工作记忆训练和视觉工作记忆训练。

1 听觉途径下的工作记忆训练

听觉工作记忆(auditory working memory, AWM)是以听觉为主要途径的工作记忆模式,涉及语言和非语言两种模式。AWM主要作用是在短时间内保持和操纵声音信息^[16],作为信息提取或加工的基础。声音的类别主要分为音调、音素和音节,这三者共同作用组成了可被理解的语言。在听觉模式的工作记忆研究中,实验素材可以是音调、音素和音节,

也可以是一种或多种语言,但研究目的是测试对实验素材的记忆能力。

1.1 非语言的听觉工作记忆训练

传统的AWM训练均涉及语言,但近几年研究发现,纯音调亦可应用于AWM的研究和训练当中^[17-21]。Alain等^[17]通过呈现不同组合的纯音调序列进行研究,发现受过专业音乐训练的音乐家比非音乐家具有认知优势,这提示纯音调序列的AWM训练可能对工作记忆有积极影响。

在非语言的听觉工作记忆中,强调“短”和“长”听觉存储之间的功能性差异,即听觉时间对工作记忆的影响。短时记忆是指听觉感觉(回声)记忆,其持续时间约为300—500ms,会被最近出现的刺激自动覆盖。而较长的听觉记忆,称为“工作记忆”,其持续时间约为1—20s^[19]。Golubock等^[19]发现,听觉工作记忆与延迟回忆时间(即声音呈现后的记忆时间)有关,延迟回忆时间越短,工作记忆保持性能越好,当延迟回忆时间在1—2s时,回忆的正确率无显著性差异。这与Teki等^[20]的研究结果相似,即延迟回忆时间长于1s,回忆的正确率更差。这说明延迟回忆时间可作为临床AWM训练的控制条件,通过调整延迟回忆时间从而控制任务难度,且1s的延迟回忆时间为听觉工作记忆训练的最佳选择。此外, Golubock等研究还发现AWM与声音序列的长度有关。Kumar等^[18]使用纯音调序列探究了序列长度对工作记忆准确性的影响,参与者被要求重现序列中某一位置(第一、第二等)的音调。随着序列中音调数量的增加,记忆的正确率明显下降,且即使是在记忆先前的音调中加入一个单一的音调,其正确率也会显著下降。该研究表明,声音序列的长度可影响工作记忆负荷,声音序列越长,工作记忆负荷越大,回忆正确率越低。这提示在临床运用纯音调进行工作记忆训练时,通过调整纯音调序列的长度进行控制训练任务难度,从而达到适应不同程度障碍患者的需求。

Kumar等^[18]通过预先提示处理不同序列位置的任务相关性证明了内存资源可以不均匀地分布,优先级别高的项目的存储准确性更高。这说明可对工作记忆训练内容进行优

DOI:10.3969/j.issn.1001-1242.2020.08.027

*基金项目:广州市卫生健康科技项目(20191A011091);广州医科大学第五临床学院大学生科技创新项目(2018A054);国家自然科学基金青年科学基金项目(81902281);广州市科技局产业技术重大攻关计划(201902020001)

1 广州医科大学附属第五医院,广州,510700; 2 广州医科大学康复医学实验教学示范中心; 3 广州医科大学; 4 通讯作者
第一作者简介:戚卉妍,女,技师; 收稿日期:2018-12-31

化配置,这可能涉及其他认知功能参与,如注意力、执行力,通过优化后的项目提高回忆正确率。对于工作记忆受损患者,通过预先的提示和熟悉声音序列,提高患者的注意力和存储精度,从而降低听觉工作记忆训练难度。

Cogan等^[21]利用非词语音(“kig”和“pob”)进行匹配-错配任务,如听到“kig”时,若指示为“匹配”,则要求被试在2s后说出“kig”;若指示为“错配”,则要求被试在2s后说出“pob”,结合脑电图分析,匹配-错配任务可有效激活工作记忆相关脑区,证明匹配任务可作为非语言AWM训练方法之一。

综上所述,非语言的听觉工作记忆训练可通过调整音调序列长度、延迟回忆时间、注意力、任务的种类、刺激方式等因素,控制工作记忆的负荷和正确率,从而达到对不同程度的认知障碍患者进行个性化工作记忆训练。由于临床中常见部分合并言语障碍且需进行工作记忆训练的患者,其无法配合简单数字或词语记忆训练,因此对于非语言工作记忆训练则存在较大优势。然而目前该方面临床研究仍较少,但多项基于正常被试的研究已经证实非语言听觉工作记忆存在,故可考虑通过该途径对临床患者进行相应训练方案设计及实施。

1.2 涉及语言的听觉工作记忆训练

涉及语言的听觉工作记忆训练为临床中常用的方法之一,其要求被试具有一定语言能力^[6]。语言工作记忆与语音回路(Phonological Loop)密切相关,语音回路是工作记忆系统中的子系统,负责暂时存储和加工语音信息,它的编码方式主要以听觉编码方式为主,其在阅读理解、语言习得等中发挥着重要作用^[8,22]。

Li等^[23]在精神分裂症患者中进行听觉序列记忆任务,研究发现简单的句法结构也会影响回忆能力,如形容词+动词这种具有句法结构的低语义连贯词比无句法结构的组合回忆正确率更高,提示基本句法结构可能会影响语言工作记忆能力。另外,行为结果表明,语音结构相似的单词(如car、cab、cat)比语音结构不同的单词(如hit、bite、rat)回忆的准确率更低,可能是由于语音结构的相似性导致对工作记忆的正确率造成影响^[21]。由此,在语言工作记忆训练中,可通过基本句法结构(形容词+动词、名词+形容词等)进行训练方案设计,利用调整记忆项目数量、语音结构的相似性进行调整训练难度。

Mishra等^[24]为人工耳蜗儿童进行听觉下顺背和倒背的数字广度训练,研究结果表明患儿的工作记忆能力得到改善,证明通过听觉途径进行数字广度训练可有效改善工作记忆。这也是临床中治疗认知障碍患者的常用方法。

Barbara等^[25]对轻度认知功能障碍患者进行以词性为分类标准的工作记忆广度任务(categorization working memo-

ry span task, CWMS)。该任务为听觉呈现下的复杂工作记忆任务,患者被要求在记忆的同时进行词性加工任务,训练结果发现患者言语工作记忆能力得到提高,而且未经训练的其他认知能力[如流体智力(fluid intelligence)、长期记忆、视空间工作记忆]也得到不同程度的改善。Borella等^[26]对健康老年人也进行了CWMS训练,结果与Barbara等的研究结果一致,除了言语工作记忆得到改善之外,同时视空间工作记忆(visuo-spatial working memory)和流体智力等其他能力也得到提高。

涉及语言的听觉工作记忆训练以听觉形式的刺激为主,对患者视力和文化要求相对较低,如白内障等视觉受损难以看清图片和物品的患者,或受教育程度低下、视觉阅读障碍的患者,只要其能听懂指令并执行便可完成听觉工作记忆任务。但是由于其主要通过语言作为工作记忆训练的媒介,对于语言能力较非语言听觉工作记忆训练要求要高,对严重失语症患者可能并不适用,而临床中需进行工作记忆训练的失语症患者并不少见,故对于不同患者可选择不同途径进行相应个性化方案设定。

2 视觉途径下的工作记忆训练

2.1 非语言的视觉工作记忆训练

视觉途径下非语言工作记忆即视觉工作记忆(visual working memory),主要针对视空间模板(visuo-spatial sketch pad)进行训练。视觉工作记忆能力与整体认知能力密切相关,通过对视觉工作记忆的训练,可提高工作记忆容量^[27-28]。近年来对工作记忆的研究深入至视觉途径中进行,如黄羽商等^[29]利用健康被试进行研究,在视觉通路下比较构型的客体空间相对方位和构型整体几何形态对工作记忆的影响,结果显示构型信息中的客体空间相对方位对工作记忆的能力影响明显,提示在视觉工作记忆中改变客体的相对方位比改变几何形态更敏感,可作为视觉工作记忆训练方案的制定提供一定理论基础。Jenkins等^[30]在正常被试中探究了检索条件(一次呈现刺激的数量、颜色、几何空间)对视空间工作记忆训练结果的影响,实验范式为两种:①使用6个颜色不同的正方形,标记其中之一为目标,通过改变它们的相对位置,然后找出目标;②使用1个正方形,标记为目标,通过改变其在几何空间中的不同位置达到测试工作记忆的目的。研究发现空间优势可被利用,将空间信息与记忆结合以提高回忆正确率。即在视空间工作记忆任务中,改变客体的相对方位来设计任务。且使用6个正方形对比单纯使用1个正方形进行任务,会产生更有效的空间信息,从而提高回忆的正确率。值得注意的是,使用较多记忆载体的同时相对造成认知负荷增加,虽在正常被试的实验中结果中为有效提高工作记忆,但对于认知负荷损伤或不足的被试,需对该变量

进行适当调整。

Molen等^[12]在“找不同”(odd one out)训练的基础上为轻微智障(mild to borderline intellectual disabilities, M-BID)青少年开发了“奇特的黄色”(odd yellow)训练,对比找不同训练中单纯的记忆不同图形的位置,“奇特的黄色”训练要求被试先完成找不同任务,在此基础上完成黄色图形的辨别和记忆任务。研究结果表明能在短期内提高了信息加工能力和记忆力,从而对其他学习任务和日常任务(如算术和回忆故事)产生了显著的积极影响。对比单纯的找不同训练,“奇特的黄色”训练对患者视觉工作记忆容量要求更高,涉及空间和颜色的记忆,可视为经视觉工作记忆训练的方案或经视觉工作记忆训练方案的设计原理。

除了图形卡片的识别,人脸识别也可应用到工作记忆训练当中。Zhou等^[11]在健康成人中使用不同种族的人脸进行研究,发现被试在识别与自己同种族的面孔的精度更高。对于工作记忆受损,特别是视觉工作记忆受损的患者,使用其同种族的人脸进行训练可降低训练难度,提高患者的积极性。涉及非语言的视觉工作记忆训练正如非语言听觉工作记忆训练,适合言语功能受损较严重患者,但对于视觉上要求相对较高。该途径下工作记忆训练已开展于存在认知障碍的特殊儿童,均已经证明有效,而对于脑损伤后认知障碍的使用研究仍是空白,日后可对此相应研究进行探索。

2.2 涉及语言的视觉工作记忆训练

不同于涉及语言的听觉工作记忆,通过视觉途径输入的文字信息不能直接进入语音回路(phonological loop),需先通过语音编码和语义系统,才能进入语音存储装置当中^[22]。语言工作记忆与语言理解密切相关,但在听力受损情况下,患者难以进行听觉语言工作训练,此时可选择视觉途径下的言语工作记忆训练。N-back任务在功能神经成像中被广泛用于研究工作记忆的神经机制,同时也是被广泛用于提升工作记忆能力的一种训练方法^[23]。Vijayakumari等^[32]在健康成人中进行字母N-back任务,该任务以视觉呈现的字母为刺激项,当前的刺激项与前第N个刺激项相符,则按下按钮。结合功能磁共振成像(functional magnetic resonance imaging, fMRI)分析,该任务激活了参与处理工作记忆的前额叶背外侧皮层。

华巧云等^[33]为小学四年级学生提供视觉呈现的倒背数和计算广度任务,此任务包含信息储存、计算加工、刷新和信息维持的能力,经过4周训练前后对比发现,被试的工作记忆得到提升,且被试的数学成绩亦得到改善。Chein等^[34]以健康大学生为对象,进行了视觉途径下工作记忆任务,任务涉及认知执行力和语言理解中的语义加工,结果表明该训练可改善工作记忆、认知控制和阅读理解。涉及语言的视觉工作记忆训练中,语言的所占权重较多,因此大部分研究结果

均提示出现语言功能与工作记忆均有提高。

3 通过计算机程序对工作记忆的不同途径训练

随着科技的不断发展,计算机软件在工作记忆训练方案中的占比越来越高,部分研究表明计算机程序辅助工作记忆训练效果优于人工工作记忆训练^[35]。这可能是由于计算机程序辅助下的工作记忆训练可个性化地调控训练方式、强度和训练时间。在使用计算机程序辅助工作记忆训练中,应用最广泛的为Cogmed工作记忆训练程序(cogmed working memory training, CWMT),该程序分为3个版本,即Cogmed JM、Cogmed RM和Cogmed QM,该程序融合视觉和听觉途径工作记忆训练的特点,结合反馈机制,达到训练效果^[36-39]。Etherton等^[40]利用视觉及听觉输入的Cogmed工作记忆任务对健康被试进行干预研究,通过检测注意力、工作记忆、流体智力及执行力,结果发现该程序可有效提高工作记忆的成绩。CWMT包含不同材料不同途径的工作记忆训练,已有大量对照研究的支持其能改善认知障碍患者工作记忆^[41-43]。但是,Cogmed程序中的任务均需视空间能力的参与,更偏向于视空间工作记忆训练,对于语言工作记忆受损而视空间工作记忆正常的患者训练效果仍未明确。

Delavarian等^[44]为中度智力缺陷儿童设计了一款针对工作记忆训练游戏,该游戏分为5个模块,其中前两个模块为视空间工作记忆训练,后三个模块为听觉途径下非语言和语言工作记忆训练。该游戏结合了视觉和听觉两种途径的训练,研究结果表明该游戏对工作记忆能力具有改善作用,可作为特殊学校或家庭使用的训练方法。

Payne等^[45]设计了一款名为iTrain的家庭语言工作记忆训练程序,该程序包含三个视觉途径下语言工作记忆任务:分类广度任务、词汇判断任务和句子广度任务。研究在健康老年人中进行,结果证明训练后被试语言工作记忆得到提升,提示该程序可用于视觉途径下语言工作记忆的训练。此外,该程序操作简单,方便携带,适合患者出院回家后自行训练。

目前用于工作记忆训练的计算机程序大多以视觉途径为主导,部分程序结合了视觉和听觉两种途径,较少针对单一途径进行工作记忆训练,旨在对工作记忆及认知能力综合提升。同时,由于此类程序已被设定好一套适合于用户的训练模式,且能消除非专业人员等主观因素的影响,大多被运用于非临床训练当中,如学校、家庭等。

4 工作记忆训练对认知障碍患者的作用

目前针对工作记忆的研究主要在于健康被试中,在认知障碍被试研究较少,而在认知障碍被试的工作记忆改善较健康被试明显^[46-49]。这种差异的原因可能是健康人群具有完备的认知能力,其认知提升空间有限,因而更难实现大幅度

改善;而具有认知功能障碍的患者在训练中表现出了某种补偿效应,其认知功能的提升更为显著^[50]。Hubacher等^[51]对慢性精神分裂症患者进行了2个视空间工作记忆训练和1个言语工作记忆训练,结果表明训练可改善慢性精神分裂症患者的言语工作记忆和视觉短期记忆。Vermeij等^[52]对轻度认知功能障碍患者进行了8个视空间和言语工作记忆训练,结果发现训练后患者的视空间工作记忆和言语工作记忆均有所提高,表明工作记忆训练可改善轻度认知功能障碍患者受损的工作记忆。这些研究对不同年龄层、不同疾病导致的认知功能障碍患者进行工作记忆训练,结果均显示针对性的工作记忆能力提升之外,部分训练效应还可泛化到其他认知功能上。但工作记忆训练的途径和方法多种多样,针对不同程度的认知功能障碍应选择不同的训练方法。

总之,工作记忆训练对认知障碍患者的作用可归为:①通过训练提升工作记忆广度,改善认知障碍患者工作记忆容量,提高信息加工的效率。大部分认知障碍患者的工作记忆容量低于健康人,可通过训练提升,由此改善信息加工,从而达到对患者认知缺陷进行有效干预;②通过训练提升工作记忆的执行过程与信息加工的有效性。认知障碍患者信息加工障碍包括抑制、刷新、转换执行等方面能力的缺损,针对这些层面的工作记忆训练能增强对相关信息的加工,抑制无关信息的加工,从而提升信息加工的有效性。

5 小结

综上所述,通过工作记忆训练能提升工作记忆水平^[12,53-54]。但目前对认知功能障碍患者不同途径工作记忆训练的针对性研究尚少,研究的样本量普遍偏少,且方法、强度等不尽统一。本文旨在列出不同途径下工作记忆的研究或训练方案,以提供临床方案制定的思路,为不同种类的认知障碍患者提供更个性化的治疗。同时,目前的研究采用的工作记忆训练大多统合了各种途径的训练,缺少单一途径训练之间或单一途径与多途径训练之间的效果对比,因此难以判断哪种途径的工作记忆训练对不同的认知功能障碍更为有效。未来的研究进展可对多途径工作记忆训练的机制、疗效及训练强度进行探讨,为临床认知功能障碍患者的康复治疗提供有力证据与指导。

参考文献

- [1] 李焰生. 中国防治认知功能障碍专家共识[J]. 神经病学与神经康复学杂志, 2006, 45(2): 171—173.
- [2] 李舜伟. 认知功能障碍的诊断与治疗[J]. 中国神经精神疾病杂志, 2006, 32(2): 189—191.
- [3] 周炳荣. 脑卒中后认知障碍的早期识别和康复的初探[C]. 浙江省物理医学与康复学学术年会暨浙江省康复医学发展论坛, 2013.
- [4] 韩笑, 石岱青, 周晓文, 等. 认知训练对健康老年人认知能力的影响[J]. 心理科学进展, 2016, 24(6): 909—922.
- [5] 张英, 杨颖华, 武士勇, 等. 轻度认知障碍认知训练的研究进展[J]. 中国康复医学杂志, 2018, (2): 249—253.
- [6] 张云霞, 董碧蓉. 认知功能障碍治疗研究进展[J]. 现代临床医学, 2017, 43(4): 305—308.
- [7] 李旭, 杜新, 陈天勇. 促进老年人认知健康的主要途径[J]. 中国心理卫生杂志, 2014, 28(2): 125—132.
- [8] Baddeley A. Working memory: theories, models, and controversies[J]. Annu Rev Psychol, 2012, 63: 1—29.
- [9] 刘春雷, 周仁来. 工作记忆训练对认知功能和大脑神经系统的影响[J]. 心理科学进展, 2012, 20(7): 1003—1011.
- [10] Holmes J, Gathercole SE, Dunning DL. Adaptive training leads to sustained enhancement of poor working memory in children[J]. Developmental Science, 2010, 12(4): 9—15.
- [11] Owens M, Koster EH, Derakshan N. Improving attention control in dysphoria through cognitive training: transfer effects on working memory capacity and filtering efficiency [J]. Psychophysiology, 2013, 50(3): 297—307.
- [12] Van Der Molen MJ, Van Luit JE, Van Der Molen MW, et al. Effectiveness of a computerised working memory training in adolescents with mild to borderline intellectual disabilities[J]. J Intellect Disabil Res, 2010, 54(5): 433—447.
- [13] Bastian CC, Von, Nicolas L, Lutz JN, et al. Effects of working memory training in young and old adults[J]. Memory & Cognition, 2013, 41(4): 611—624.
- [14] 郭丽月, 严超, 邓赐平. 数学能力的改善: 针对工作记忆训练的元分析[J]. 心理科学进展, 2018, 26(9): 1576—1589.
- [15] 黎翠红, 何旭, 郭春彦. 工作记忆训练的研究述评[J]. 心理与行为研究, 2014, 12(3): 407—412.
- [16] Joseph S, Teki S, Kumar S, et al. Resource allocation models of auditory working memory[J]. Brain Res, 2016, 1640 (Pt B): 183—192.
- [17] Alain C, Khatamian Y, He Y, et al. Different neural activities support auditory working memory in musicians and bilinguals[J]. Ann N Y Acad Sci, 2018, 1423(1): 435—446.
- [18] Kumar S, Joseph S, Pearson B, et al. Resource allocation and prioritization in auditory working memory[J]. Cogn Neurosci, 2013, 4(1): 12—20.
- [19] Golubock JL, Janata P. Keeping Timbre in Mind: Working Memory for Complex Sounds That Can't be Verbalized[J]. Journal of Experimental Psychology Human Perception & Performance, 2013, 39(2): 399—412.
- [20] Teki S, Griffiths TD. Working memory for time intervals in auditory rhythmic sequences[J]. Frontiers in Psychology, 2014, 5(5): 1329.
- [21] Cogan GB, Iyer A, Melloni L, et al. Manipulating stored phonological input during verbal working memory[J]. Nat Neurosci, 2017, 20(2): 279—286.
- [22] 鲁忠义, 张亚静. 工作记忆中的语音回路对汉语阅读理解的影响[J]. 心理学报, 2007, 39(5): 768—776.
- [23] Li AWY, Vinas-Guasch N, Hui CLM, et al. Verbal working memory in schizophrenia: The role of syntax in facilitating serial recall[J]. Schizophr Res, 2018, 192: 294—299.

- [24] Mishra SK, Boddupally SP. Auditory Cognitive Training for Pediatric Cochlear Implant Recipients[J]. *Ear Hear*, 2018, 39(1): 48—59.
- [25] Barbara C, Erika B, Silvia F, et al. Benefits of training working memory in amnesic mild cognitive impairment: specific and transfer effects[J]. *International Psychogeriatrics*, 2013, 25(4): 617—626.
- [26] Borella E, Carretti B, Riboldi F, et al. Working memory training in older adults: evidence of transfer and maintenance effects[J]. *Psychol Aging*, 2010, 25(4): 767—778.
- [27] Unsworth N, Fukuda K, Awh E, et al. Working memory and fluid intelligence: Capacity, attention control, and secondary memory retrieval[J]. *Cogn Psychol*, 2014, 71(71C): 1—26.
- [28] 宋超, 刘婉祎, 鲁溪芊, 等. 表征在视觉工作记忆中的存储单位: 特征、客体或二者并存?[J]. *应用心理学*, 2016, 22(2): 112—126.
- [29] Huang Y, Cao L. Effect of spatial position based configuration on visual working memory performance[J]. *Acta Psychologica Sinica*, 2018, 50(11): 1222.
- [30] Jenkins L, Hamilton C. The importance of retrieval context in visual working memory[J]. *Clinical and Experimental Psychology*, 2018, 4(3): 196.
- [31] Zhou X, Mondloch CJ, Emrich SM. Encoding differences affect the number and precision of own-race versus other-race faces stored in visual working memory[J]. *Atten Percept Psychophys*, 2018, 80(3): 702—712.
- [32] Vijayakumari AA, Thomas B, Menon RN, et al. Task-based metabolic changes in the left dorsolateral prefrontal region during the letter N-back working memory task using proton magnetic resonance spectroscopy[J]. *Neuroreport*, 2018, 29(2): 147—152.
- [33] 华巧云, 张德香, 车现楠, 等. 工作记忆广度训练对小学生算术应用题解决的影响[J]. *教育研究与实验*, 2017, (5): 84—90.
- [34] Chein JM, Morrison AB. Expanding the mind's workspace: training and transfer effects with a complex working memory span task[J]. *Psychonomic Bulletin & Review*, 2010, 17(2): 193—199.
- [35] 蔡天燕, 冉春风, 钞强, 等. 计算机辅助工作记忆训练对脑卒中后认知障碍的影响[J]. *中国康复*, 2016, 31(5): 377—379.
- [36] Graham AR, Benninger WB. Parental Perceptions of the Efficacy of Cogmed Working Memory Training[J]. *Appl Neuropsychol Child*, 2016, 5(3): 173—179.
- [37] Jeffrey DR, Brian DJ. Cogmed working memory training product review[J]. *Journal of Attention Disorders*, 2014, 18(4): 379—384.
- [38] Shinaver CS, 3rd, Entwistle PC, Soderqvist S. Cogmed WM training: reviewing the reviews[J]. *Appl Neuropsychol Child*, 2014, 3(3): 163—172.
- [39] Weckstein SM, Weckstein EJ, Parker CD, et al. A retrospective chart analysis with follow-up of cogmed working memory training in children and adolescents with autism spectrum disorder[J]. *Medical Science Monitor Basic Research*, 2017, 23: 336—343.
- [40] Etherton JL, Oberle CD, Rhoton J, et al. Effects of cogmed working memory training on cognitive performance[J]. *Psychol Research*, 2018: 1—13.
- [41] Westerberg H, Jacobaeus H, Hirvikoski T, et al. Computerized working memory training after stroke—A pilot study [J]. *Brain Injury*, 2007, 21(1): 21—29.
- [42] Hyer L, Scott C, Atkinson MM, et al. Cognitive training program to improve working memory in older adults with MCI[J]. *Clin Gerontol*, 2016, 39(5): 410—427.
- [43] Akerlund E, Esbjornsson E, Sunnerhagen KS, et al. Can computerized working memory training improve impaired working memory, cognition and psychological health?[J]. *Brain Inj*, 2013, 27(13-14): 1649—1657.
- [44] Delavarian M, Bokharaeian B, Towhidkhal F, et al. Computer-based working memory training in children with mild intellectual disability[J]. *Early Child Development and Care*, 2014, 185(1): 66—74.
- [45] Payne BR, Stine-Morrow E, et al. The effects of home-based cognitive training on verbal working memory and language comprehension in older adulthood[J]. *Front Aging Neurosci*, 2017, 9: 256.
- [46] Guye S, Von Bastian CC. Working memory training in older adults: Bayesian evidence supporting the absence of transfer[J]. *Psychology & Aging*, 2017, 32(8): 732.
- [47] Hitchcock C, Westwell MS. A cluster-randomised, controlled trial of the impact of Cogmed Working Memory Training on both academic performance and regulation of social, emotional and behavioural challenges[J]. *Journal of Child Psychology & Psychiatry & Allied Disciplines*, 2017, 58(2): 140—150.
- [48] Goghari VM, Lawlor-Savage L. Comparison of cognitive change after working memory training and logic and planning training in healthy older adults[J]. *Frontiers in Aging Neuroscience*, 2017, 9(2): 39.
- [49] Sala G, Gobet F. Working memory training in typically developing children: A meta-analysis of the available evidence [J]. *Dev Psychol*, 2017, 53(4): 671—685.
- [50] Von Bastian CC, Oberauer K. Effects and mechanisms of working memory training: a review[J]. *Psychol Res*, 2014, 78(6): 803—820.
- [51] Hubacher M, Weiland M, Calabrese P, et al. Working memory training in patients with chronic schizophrenia: a pilot study[J]. *Psychiatry J*, 2013, 2013: 154867.
- [52] Vermeij A, Claassen JA, Dautzenberg P L, et al. Transfer and maintenance effects of online working-memory training in normal ageing and mild cognitive impairment[J]. *Neuropsychol Rehabil*, 2016, 26(5-6): 783—809.
- [53] Zinke K, Zeintl M, Rose NS, et al. Working memory training and transfer in older adults: effects of age, baseline performance, and training gains[J]. *Developmental Psychology*, 2014, 50(1): 304.
- [54] 史新广, 金漪. 工作记忆训练迁移效应研究[J]. *统计与管理*, 2017, (1): 56—58.