

刷新功能的训练:内容、效果与机制

赵鑫¹, 徐伊文婕¹, 霍小宁²

(1.西北师范大学心理学院行为康复训练研究中心,
兰州 730070;2.兰州市第三人民医院,兰州 730070)

【摘要】 近年来的研究表明,个体的刷新功能可以通过训练得到提高。研究者们以幼儿、儿童、成人、老年人为训练对象,采用活动记忆任务或n-back任务对个体的刷新功能进行训练。研究结果显示,通过训练,个体的刷新功能得到明显提升,并结合脑电以及脑成像等技术探索刷新功能提升背后的大脑机制。同时,训练效果可以迁移至个体的流体智力中。此外,有研究还发现训练效果可以保持3-6个月。然而,刷新功能的训练效果会受到训练间隔、个体差异、训练动机以及训练任务难度等因素的影响。通过训练使个体的刷新能力提升,可能是因为训练促进了个体大脑形成特定脑区激活模式。训练导致激素分泌水平提升与血流增加,使相关脑区激活,随着训练任务从注意努力进入自动化加工模式,脑区激活程度明显减弱,说明训练提高了个体神经网络的效率。该领域未来的研究重点应关注刷新训练的内在机制、训练效果的保持时间及影响效果的因素等问题。

【关键词】 刷新; 认知训练; 可塑性; 工作记忆

中图分类号: R395.1

DOI: 10.16128/j.cnki.1005-3611.2016.05.009

The Training of Updating Function: Content, Effect and Mechanism

ZHAO Xin¹, XU Yi-wen-jie¹, HUO Xiao-ning²

¹School of Psychology, Northwest Normal University, Lanzhou 730070, China;

²Lanzhou University Third Hospital, Lanzhou 730070, China

【Abstract】 Recent studies suggest that updating inhibition can be modified by training. Taking infants, children, adults and the elderly as the training objects, using running working memory task or n-back task trained individual's updating function, it has been showed that individual's updating function can be enhanced significantly through training combined with some techniques such as EEG and brain imagine to explore the brain mechanism after that. Simultaneously, the training effect could be migrated to individual's fluid intelligence. In addition, it found that the training effect could keep for 3 to 6 months, which would be influenced by training interval, individual's difference, training motivation, training task complexity and other factors. Improving individual's updating ability through training may promote the activation of specific brain regions. Training leads to increase of hormone secretion and blood speed, which activates the brain regions. As training task made it from effort into automatically processing mode, brain activation was significantly reduced, which suggested training improved efficiency of individual's neural network. Future research should focus on the internal mechanism of updating training, the retention time of training effect, the influence and other problems.

【Key words】 Updating; Cognitive training; Plasticity; Working memory

刷新(Updating)是中央执行功能的核心成分之一,是指个体根据当前任务要求,对工作记忆中的信息进行不断更新,纳入新信息以取代旧信息的过程^[1,2]。研究者一般采用追踪任务(Keep track task)^[3],活动记忆任务(Letter Running memory task)^[4,5]和n-back任务^[6,7]对刷新功能进行测量。Friedman等人研究发现,相对于抑制(Inhibition)、转换(Shifting)等中央执行功能,刷新功能与人类高级认知活动(如流体智力)之间的关系最为密切^[8],有研究也支持了这一观点^[9]。刷新功能在日常生活中起着重要作用,特别是在学习和问题解决领域^[10]。如Passolunghi等人研究发现,刷新能力在解应用题中起

着重要的作用^[12],Sophie等人的研究也证实了刷新能力与数学和阅读能力之间存在正相关^[13]。近期的研究表明,刷新功能可以通过训练得到提高^[14-18]。本文阐述了刷新功能训练的形式、训练的效果及其机制,以期为该领域的研究提供新的视角和方向。

1 刷新训练的内容

1.1 训练对象

从近些年的研究来看,刷新训练的研究对象包括幼儿^[19]、学龄期儿童^[5,16]、成年人^[6,15,20-22]、老年人^[23]。

1.2 训练任务

当前工作记忆刷新功能训练的常用任务是活动记忆任务^[5,18,23,24]和n-back^[7,14,25,26]任务两种。例如,Zhao等人使用三种活动记忆任务对成人进行刷新训练^[27]。实验中,屏幕中央依次呈现字母、动物或者卡通人物类型的刺激,每次出现的

【基金项目】 国家自然科学基金项目(31560283,31300838),教育部人文社会科学研究项目(13YJC190032),认知神经科学与学习国家重点实验室开放课题(CNLYB1317)和兰州市人才创新创业项目(2015-RC-60)资助

通讯作者:赵鑫

个数不同,有5、7、9、11四种项目长度,任务要求被试持续记忆最后出现的三个刺激,并按照记忆顺序依次点击相应的项目。如屏幕出现字母依次为G-H-Y-L-A-E-X,被试最后输入的正确项目应该为A-E-X。活动记忆任务需要持续记忆每一个新出现的刺激,并更新之前已经记忆的刺激。另一个测量刷新能力的经典范式是n-back任务。如Jaeggi等人使用n-back任务对儿童进行刷新训练,研究者为提高被试卷入度,将任务设计成计算机视频游戏^[16]。实验中,如果任务难度为2-back,那么儿童需要判断当前呈现的刺激位置是否与之前第2个刺激的位置相匹配,刺激的空间位置随机呈现。此外,n-back的刺激材料还包括字母、图形以及语音等类型。除了视觉n-back任务之外,Jaeggi等人使用了双重n-back任务(包括听觉与视觉两种刺激材料)以及单一n-back任务(Single N-back task)对被试进行训练^[25]。听觉与视觉n-back任务的原理基本相似,即要求被试根据n的不同难度水平对语音信息进行正确匹配,其中双重n-back任务需要匹配位置和语音两种刺激材料。目前,研究者们多采用自适应的设计来控制任务难度^[7,15]。自适应设计的核心概念与Bjork提出的“理想难度”(desirable difficulties)原理一致^[28],即依据个体差异,难度随其在任务中的表现不断变化,个体不会因为任务过难或者过易造成实验卷入度降低。因此,自适应设计能够反映个体的最佳能力。

1.3 训练时间

根据不同被试的特点,刷新训练时间有所不同。训练天数15~50天不等,每次训练大约15~45分钟不等^[5,15,19,20]。例如Jaeggi等人以成年人作为被试进行刷新训练,按照训练时间将被试共分为四组,训练时间分别为8天、12天、17天和19天,每天训练1次,每次约25分钟^[15];Dahlin等人分别选取成年人和老年人作为被试,实施为期5周的训练,一周三次,每次45分钟^[20];Jaeggi等人对成年人进行刷新训练,被试每天接受1次训练,每周5次,共20天^[25]。目前,很少有研究明确什么数量的训练时间对刷新功能训练最为有效。但也有研究者发现训练时间中存在剂量反应效应(dose-response effect)。例如Jaeggi等人的研究将实验对象分为8天、12天、17天以及19天四个训练时间组,在被试完成相应数量的2-back任务后发现,实验组个体的流体智力随着训练时间的增加而提高,且训练时间越长,流体智力提高幅度越大^[15];Stepankova等人也使用n-back任务对老年人进行刷新训练^[29]。结果发现,训练高频组(一周训练4次)在视空间能力任务上比训练低频组(一周训练2次)提高的更多,即训练频率越高,个体在视空间任务中表现越好。上述研究说明,同一任务不同训练量会显著影响训练效果。此外,训练中存在剂量反应效应也从侧面佐证了训练效果的确是由于训练任务本身产生,而不是由其他无关因素(如期望效应)引起的^[30]。

2 刷新训练的效果

2.1 刷新能力的提高

研究结果表明,刷新功能训练能够提高被试在刷新任务上的表现,体现在活动记忆任务和n-back任务成绩的提高^[5]。

^[5]。例如Zhao等人采用活动记忆任务对儿童工作记忆刷新功能进行训练,随着训练天数的增加,儿童在训练任务上的得分显著提高^[5]。Kühn等人对成年被试进行为期50天的n-back训练,结果显示,实验组在2-back、3-back以及4-back上的正确率都有所提高^[31];Stepankova等人发现实验组训练后n-back任务的成绩都优于控制组^[29];Buschkuhl等人也使用n-back任务对个体进行刷新训练,结果表明,训练组被试成绩显著提高,特别是在4-back任务中训练组比控制组个体成绩提高幅度更大^[14]。

在行为实验中,研究者们评估刷新能力的常用指标是个体在任务上的正确率^[5,16]。例如Wang等人选用活动记忆任务测量个体刷新功能,以任务的正确率作为评估被试刷新能力的有效指标^[18]。个体在训练任务中的正确反应率越高,下一组刺激呈现时间减少,则任务的难度越高,代表个体刷新能力越强。另外,在n-back任务中,研究者同样考察正确率的变化^[25,26]。

行为学实验仅仅表明个体在刷新任务中的确有不同的表现,说明大脑功能具有一定可塑性,但是正确率的变化无法解释刷新功能训练如何导致大脑活动变化、这些变化如何影响个体行为等问题。随着对工作记忆训练的深入探索,研究者们需要借助脑电^[27]以及脑成像^[14-35]等影像学手段探索刷新功能提高背后的脑神经机制。例如Zhao等人结合ERPs技术,使用字母活动记忆任务对成年被试进行刷新训练,并通过2-back任务进行评估^[27]。研究结果显示,与控制组被试相比,训练组被试在完成2-back任务时N160波峰显著升高,P200波峰显著降低,并且P300波幅显著升高。结果表明,通过刷新训练,个体在视觉信息鉴别阶段,对刺激的识别能力增强,接着对无关信息的抑制能力和对当前目标刺激集中注意能力增强,进而工作记忆中表征的更新能力得到提升;Dahlin等人使用功能性磁共振成像技术(Functional magnetic resonance imaging, fMRI)检测个体刷新训练前、后相应的脑区变化,利用脑成像技术识别训练任务与迁移任务是否激活相同的脑区区域,并观察刷新功能训练后被试尾状核活动增强,但额叶前部和顶叶皮层活动相对减弱^[20]。

2.2 训练效果的迁移

近年来的研究表明,通过刷新训练不仅使得个体的刷新能力得到提升,而且训练效果可以迁移至其他认知功能中,如执行控制功能^[36]、数学能力^[37]、注意力^[36]。另外,研究者发现,刷新训练的效果可以迁移至个体的高级认知功能—流体智力中^[15,16]。Jaeggi等人使用n-back任务对成年被试进行工作记忆训练,结果显示,后测中实验组的流体智力得到提升,并且训练时间越长,流体智力提高幅度越大^[15];Jaeggi等人使用n-back任务对儿童进行训练,经过前、后测对比发现,实验组儿童在智力测验上的成绩显著高于控制组^[16]。国内的研究者也通过实验证明了此结果。例如彭君等人使用n-back任务对幼儿进行为期14天的刷新功能训练,并选用瑞文标准推理测验和非语言智力测验第四版来测验被试的流体智力^[9]。结果发现,即时后测中实验组被试流体智力成绩显著高于两个控制组,且实验组即时后测智力成绩也优于前

测。尽管有研究者曾经质疑刷新训练可以提高流体智力这一观点^[38,39],但从近些年的研究来看,使用与刷新功能相关的训练任务提高流体智力的研究结果大多数是积极的,即得出通过刷新功能训练可以提升流体智力的有效结果^[5,16]。研究表明,工作记忆与流体智力之间可能存在相似的神经网络基础,二者在前额叶区存在部分重叠^[40,41]。正是由于两者存在功能上的重叠,因此,提高刷新能力可能会导致流体智力的提升^[16,42]。Dahlin等人采用活动记忆任务为训练任务,结合fMRI技术检测训练前、后被试完成n-back任务和Stroop任务时脑区的变化,进一步探讨刷新训练后产生迁移效果的内在机制^[20]。结果显示,训练效果迁移至n-back任务,而在反映抑制控制能力的Stroop任务中没有发生迁移效应。由此,Dahlin认为如果训练任务和迁移任务有相似的执行加工过程以及相关脑区,迁移就会发生。此外,Buschkuhl等人还发现了跨通道迁移现象,即视空间n-back任务的效果迁移至听觉n-back任务上^[41]。他认为听觉和视空间n-back任务有相似的执行加工过程,它们共享脑区,而脑区之间有补偿作用,一个任务会加强另一个任务的脑区加工能力。这也与Dahlin的研究结果相一致,即如果迁移任务与训练任务共享脑区,迁移效果更易发生。

2.3 训练效果的保持

近年来,对于考察工作记忆刷新训练的效果,研究者们多采用即时后测的方式。事实上,短期训练产生的效果可能是由于训练产生的即时效应^[19],也就是说,被试任务表现良好也许是由于个体将自己的状态调整到了最佳水平,但经过一段时间后可能会出现下降的趋势。例如Li等人对老年人进行工作记忆训练,在训练结束后三个月进行追踪测试,研究者发现老年人的训练效果在三个月后减弱^[43]。此外,Hempel等人使用n-back任务训练被试的工作记忆能力,并使用fMRI技术分别在训练前、训练两周后以及训练结束后四周进行扫描^[32]。脑成像结果显示,训练持续两周后,个体大脑背外侧前额皮质明显被激活,但训练结束后四周激活程度逐渐减弱。因此,真正的训练效果应该是实质性的,即通过短期的认知训练,个体相应的心理机能发生根本性的变化。基于此,研究者们开始关注刷新短期训练后效果稳定性的问题,即训练效果的保持^[16,37]。Jaeggi等人探讨了刷新功能训练的短期和长期效益^[16]。该研究采用n-back任务对儿童进行刷新训练,实验前、后以及三个月后的追踪研究都使用了智力测验来评估个体流体智力的变化。结果显示,训练组儿童一个月后的智力测验成绩显著优于对照组儿童,并且三个月后这种优势仍然保持。也就是说,训练不仅在短期内有效果,而且也可以持续较长的时间。彭君等人对幼儿进行刷新训练,结果显示,相比于两个对照组,训练组幼儿即时后测成绩明显提高,且在六个月后的延时后测中智力测验成绩也明显高于对照组,这表明刷新训练的效果在六个月后依然保持^[19]。

2.4 影响训练效果的因素

近年来,大量研究结果的确证明了刷新功能是可塑的,可以通过训练来提高,并且其效果能够迁移至高级认知功能

中^[16,18]。然而,尽管有些研究使用相似的实验范式,但并没有发现任何迁移效果^[21,44]。那么,是什么原因导致了不一致的结果?又是什么因素影响了训练效果呢?第一,训练间隔。Wang等人认为有间隔的认知训练可以促进训练迁移^[18],研究者发现间隔学习与合理记忆的原理是一致的,以间隔的方式呈现信息便于为记忆系统提供相关线索。相反,整体学习可能有助于储存短时信息,但很难被重新提取。例如,缺陷加工假设(deficient-processing hypothesis)认为,当个体记忆任务中存在过量信息时,加工信息的效率就会降低。Wang使用活动记忆范式对10-11岁的儿童进行训练,研究者将实验组分为4组,每组儿童接受不同时间间隔的训练。其中第一组被试需要在2天内完成全部20次训练,每天10次;第二组被试5天内完成20次训练,每天4次;第三组被试10天内完成20次训练,每天2次;第四组为训练最大间隔组,被试每天只接受1次训练,共20天。结果发现,与积极控制组和其他3个训练组相比较,只有最大间隔组被试的瑞文成绩显著提高,并且训练间隔越大,迁移效果越强,说明间隔训练对迁移效果有显著效应。第二,被试个体差异。被试训练前已有的认知能力会影响训练效果。例如Jaeggi等人对儿童进行刷新训练,结果显示,两组被试在3次智力测验中的成绩均有变化,但差异并不明显。研究者认为,出现这样的结果可能与训练中存在个体差异有关^[16]。为了排除个体差异带来的影响,研究者根据在训练任务中的表现把实验组被试分成“进步大的”和“进步小的”两个子组,再比较这两组被试在训练前后流体智力的变化后发现差异显著。研究者认为,造成这种现象的原因可能是个体在最初的智力测验中表现已经很好,因此没有更多的空间提高流体智力。此外,有研究已经证明年龄是影响训练效果的一个重要因素^[20,23]。例如Dahlin等人实验后对比了年轻组与年长组被试的成绩,结果发现,在n-back任务中,年长组被试没有发生任何迁移现象,实验前、后测数据也显示年轻组在训练任务中的表现要优于年长组,原因可能与老年人的纹状体功能缺失有关^[20],这说明年龄的确会影响训练效果。第三,训练动机。随着对认知训练的深入探索,研究者开始关注个体动机对训练效果的影响。有研究发现,只有当被试没有获得报酬或者获得适量报酬的情况下,才会产生迁移效果^[7,45]。另一些研究证实,有偿参与实验的被试训练后没有发现任何迁移效果^[21,22]。这些结果表明外部刺激,诸如金钱奖励,可能会大大降低被试的内部动机,从而影响训练表现和迁移效果。Jaeggi等人使用3种问卷来评估被试动机水平,发现个体对智力的态度会影响训练效果,认为智力可塑的被试比认为智力不变的被试在视空间任务上表现更好,结果表明个体动机差异的确会影响迁移效果^[25]。第四,训练任务特征。被试实验卷入度是训练中的一个关键因素,但由于任务自身的特点,有些研究的被试脱落率很高^[25]。为了探讨任务中不同的动机激活特征是否会影响训练效果,Katz等人根据n-back任务的原理,将训练任务设置为七个具有不同动机激活特征的游戏类实验范式,动机激活特征包括任务主题、分数反馈、量级反馈、奖励以及证书认可。结果显示,被试经过3天的游戏训练后,不呈现

得分组和 不呈现量级组的被试表现显著优于包含所有动机激活特征组的被试,结果说明训练任务中的某些特征可能会使得被试分心,干扰其注意力,从而影响任务表现^[26]。第五,训练任务难度。现阶段训练任务多采用自适应设计,难度会根据实验对象的实际表现不断变化,以适应个体自身差异。有研究对比了自适应设计和非自适应设计的效果差异,结果显示自适应的设计对训练更有效^[46,47]。此外,Studer-Luethi 等人也发现如果任务难度过大,并且个体有较高的神经质倾向,会降低其工作记忆能力,进而影响复杂认知加工过程^[7]。

3 刷新功能的可塑性机制

研究者们持续关注刷新功能训练如何提高心理机能以及如何影响人的智力等问题,从脑区激活模式、大脑结构以及多巴胺密度等角度对刷新功能训练后发生的变化进行了更加深入地探索^[14,20,36,48]。

3.1 工作记忆刷新训练改变脑区激活模式

研究者们利用功能性磁共振成像(Functional magnetic resonance imaging, fMRI)技术来观测训练时脑区的激活模式。Hempel 等人使用刷新任务训练后发现,大脑右半球内侧顶叶沟和右半球额下回在训练 2 周后激活明显增强,但在训练 4 周后出现衰减趋势^[32]。Dahlin 等人的研究结果表明,刷新功能相关的字母记忆任务和 n-back 任务都与纹状体区域重合,后测中两个任务在左侧纹状体中的激活程度都有所增加,纹状体通过影响前额皮层的多巴胺来调节刷新能力,但额叶前部和顶叶皮层的激活相对减弱^[20]。同样, Schneiders 等人使用视觉和听觉两种类型的 n-back 任务对被试进行刷新训练,结果发现,刷新训练任务会引起右侧额中回上部区域和右侧后顶叶区域激活减弱^[33]。随后, Schweizer 等人又发现在 3-back 任务条件下,左背外侧前额叶皮层、右侧额上回、左右侧缘上回、左右侧中颞中回以及枕叶区域的激活程度减少,然而在 5-back 任务条件下,又观测到右侧前额叶、右侧额下回以及右侧顶叶区域激活程度增加^[34]。上述几个研究表明,训练时脑区的激活模式会随着任务进程发生改变,那么,为什么会出现这样的脑区激活模式呢?就此问题, Kühn 等人认为对于训练中大脑的变化不能只观测两次,即仅仅考察前、后测的变化,还需要监控整个训练过程^[31]。基于此,他们使用空间 n-back 任务对实验组进行刷新训练,积极控制组接受比实验组难度更小的空间 n-back 任务,并采用 fMRI 技术分别在训练前、训练一周后以及训练 50 天后对个体的大脑活动进行观察。结果显示,训练一周后实验组右侧纹状体激活程度迅速增加,但随后会呈现下降趋势,且任务难度越大,下降的速度越快。研究者认为,训练中大脑活动呈“倒 U”型模式,也就是说大脑激活是动态的,非线性的,并随着任务难度而变化。Buschkuhl 等人的研究也证明了此结果^[14]。他认为,训练刚开始时需要个体的认知加工资源和注意资源,但随后训练进入自动化加工过程。训练任务提升了大脑血液灌注和流通能力,可以使脑区神经回路变得更有效并加强了注意努力与自动化加工过程之间转化的能力,最终导致训练相关脑区激活程度降低,这个原因很好的解释

了为什么训练中大脑活动呈“倒 U”型模式。上述研究结果证实,有效的刷新训练不仅能够提升行为任务表现,也可以改变大脑的激活模式。

3.2 工作记忆刷新训练改变大脑结构

Takeuchi 等人使用三种工作记忆任务(分别为视空间工作记忆任务、复杂 n-back 任务以及双重 n-back 任务)对正常成年人进行为期两个月的训练,并观测训练后大脑结构的变化^[49]。通过扩散张量成像(Diffusion Tensor Imaging, DTI)技术发现,工作记忆训练提高了与大脑内侧顶内沟和胼胝体前侧部分相连区域的大脑白质结构的连通性,这说明认知训练能够改变部分大脑结构,其研究结果提供了工作记忆具有神经可塑性的证据。但是,目前关于刷新训练对大脑结构影响的研究还相对较少,之后的研究应采用不同的研究对象(如临床病人),进一步探讨刷新训练对大脑结构的影响。

3.3 工作记忆刷新训练改变多巴胺密度

Bäckman 等人通过正电子发射断层扫描(Positron Emission Tomography, PET)技术发现刷新训练增强了多巴胺释放活动^[50],这也与 McNab 等人的研究一致,即证明了工作记忆能力的可塑性的确与大脑皮层多巴胺 D1 受体密度的改变有关^[51]。在最近的一项研究中,Bäckman 等人再次研究了工作记忆训练中多巴胺的调节作用^[52],他认为多巴胺通过加强与神经信号相关的信噪比来加速不同神经网络之间的反应效率,从而提高工作记忆能力。上述结果表明,多巴胺对工作记忆训练起着重要的调节作用。

综上所述,大脑功能的提升过程复杂,涉及到脑区激活、神经递质、血流、功能和结构的连接等一系列变化。刷新训练作为一种引导个体持续对当前信息进行提取、加工、删除、再提取的认知任务,需要大脑各个区域的协同工作。虽然刷新功能所激活的是特定的脑区^[53],但这并不代表其它脑区没有产生相应的变化。相反,大脑的活动并非是功能和结构之间一一对应的关系,不同脑区所组成的大脑功能网络是完成刷新功能训练任务的必备条件^[1],大脑功能网络之间较强的连接性也是提高工作记忆能力的重要神经机制。那么,与刷新功能相关的神经网络系统是如何促进大脑活动效率的呢?首先,认知训练任务会激活相应的大脑区域,且大脑区域之间具有功能连接性,其生理特性决定了某一区域激活会引起其它相关区域的激活;其次,大脑的激活程度受到多巴胺的调节,激素水平的变化能够加强脑区功能之间的连接性,提高其神经网络之间的反应效率,从而导致任务相关脑区受益^[51];最后,某一脑区的强烈活动必然受到持续血液灌注的支持,一方面血液流通能力会随之提升,另一方面血液流经的脑区氧气供应增加,加速了脑区功能网络中的信息传输速度,这样就形成一个有效的脑区功能网络循环模式。然而,这种大脑功能网络的循环存在激活阈限,有研究表明在刷新训练初期,大脑激活迅速增加,随后逐步衰弱,这表明认知加工前期的有意识加工逐步转换为自动化加工,从而使脑活动强度呈现出倒 U 型曲线。

4 研究展望

如前所述,众多研究已经证明了工作记忆刷新功能的可

塑性。然而,有些问题仍然需要研究者们做进一步探索。

第一、近年来的研究多关注短期训练带来的即时效果,而涉及效果稳定性的研究很少。因此,今后的研究可以延长追踪调查的时间,明确短期训练效果的稳定性以及其发生变化的脑神经机制。

第二、对迁移效果的评估,研究者多采用“前测—训练—后测”的方法比较被试训练后成绩的差异^[27],在即时后测和延缓后测中多使用智力测验来评定流体智力的变化,以此来判断训练是否产生效果。但是,单一的衡量标准可能会影响研究结果的外部效度。今后应该考虑将刷新训练的研究深入到智力的每个特定领域,如推理能力、数学能力、学业成就以及阅读能力等,为训练效果提供多重指标,进一步探索刷新训练更广阔的应用领域。

第三、尽管越来越多的研究者开始关注工作记忆训练与人的心理机能之间的关系,但是对于迁移的机制以及影响这些机制的因素仍然没有达成共识。von Bastian 等人认为可能有两种原因可以解释迁移机制,一是工作记忆能力的提高,另一个是工作记忆效率的提升^[54]。从目前的研究结果来看,很少有研究将工作记忆的能力和效率区别开来。因此很难认定训练干预是否真的提高了工作记忆的能力,而不是仅仅提高了效率。未来的研究应该着眼于迁移效果的内在机制和影响因素,回答“在什么条件下训练会有效果?”“训练对哪些群体效果最好?”等问题。

第四、以往的研究主要关注正常的儿童和成年被试刷新能力的可塑性^[18,26],而对于老人以及特殊群体的研究相对较少。对于老年人以及特殊群体的研究,不仅能够验证工作记忆刷新功能训练是否有效,也是形成工作记忆训练理论的重要组成部分。在今后的研究中可以运用认知训练的原理,帮助特殊儿童提高智力,协助老年人延缓认知衰老,使他们更好地适应社会,为刷新功能训练的应用提供更为广阔的空间。

参 考 文 献

- 1 Collette F, Van DLM. Brain imaging of the central executive component of working memory. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 2002, 26(2): 105-125
- 2 Kane MJ, Engle RW. The role of prefrontal cortex in working-memory capacity, executive attention, and general fluid intelligence: an individual-differences perspective. *Psychonomic Bulletin and Review*, 2002, 9(4): 637-671
- 3 Miyake A, Friedman NP, Emerson MJ, et al. The Unity and Diversity of Executive Functions and Their Contributions to Complex “Frontal Lobe” Tasks: A Latent Variable Analysis. *Cognitive Psychology*, 2000, 41: 49-100
- 4 Kusak G, Grune K, Hagendorf H, et al. Updating of working memory in a running memory task: an event-related potential study. *International Journal of Psychophysiology*, 2000, 39(1): 51-65
- 5 Zhao X, Wang YX, Liu DW, et al. Effect of updating training on fluid intelligence in children. *Chinese Science Bulletin*, 2011, 56(21): 2202-2205
- 6 Lillenthal L, Tamez E, Shelton JT, et al. Dual n-back training increases the capacity of the focus of attention. *Psychonomic Bulletin and Review*, 2013, 20(1): 135-141
- 7 Jaeggi SM, Studer-Luethi B, Buschkuhl M, et al. The relationship between n-back performance and matrix reasoning — implications for training and transfer. *Intelligence*, 2010, 38(6): 625-635
- 8 Friedman NP, Miyake A, Corley RP, et al. Not All Executive Functions Are Related to Intelligence. *Psychological Science*, 2006, 17(2): 172-179
- 9 Chen T, Li D. The roles of working memory updating and processing speed in mediating age-related differences in fluid intelligence. *Aging Neuropsychology and Cognition*, 2007, 14(6): 631-646
- 10 Colom R, Abad FJ, Quiroga MA, et al. Working Memory and Intelligence Are Highly Related Constructs, but Why?. *Intelligence*, 2008, 36(6): 584-606
- 11 Swanson HL, Howard CB, Saez L. Do Different Components of Working Memory Underlie Different Subgroups of Reading Disabilities?. *Journal of Learning Disabilities*, 2006, 39(3): 252-269
- 12 Passolunghi MC, Pazzaglia F. A comparison of updating processes in children good or poor in arithmetic word problem-solving. *Learning and Individual Differences*, 2005, 15(4): 257-269
- 13 Sophie VDS, De Jong PF, Aryan VDL. Executive functioning in children, and its relations with reasoning, reading, and arithmetic. *Intelligence*, 2007, 35(5): 427-449
- 14 Buschkuhl M, Hernandez-Garcia L, Jaeggi SM, et al. Neural effects of short-term training on working memory. *Cognitive Affective and Behavioral Neuroscience*, 2014, 14(1): 147-160
- 15 Jaeggi SM, Buschkuhl M, Jonides J, et al. From the Cover: Improving fluid intelligence with training on working memory. *Proceedings of the National Academy of Science*, 2008, 105(2): 6829-6833
- 16 Jaeggi SM, Buschkuhl M, Jonides J, et al. Short- and long-term benefits of cognitive training. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2011, 108(25): 10081-10086
- 17 Studer-Luethi B, Jaeggi SM, Buschkuhl M, et al. Influence of neuroticism and conscientiousness on working memory training outcome. *Personality and Individual Differences*, 2012, 53(1): 44-49
- 18 Wang Z, Zhou R, Shah P. Spaced cognitive training promotes training transfer. *Frontiers in Human Neuroscience*, 2014, 8: 217
- 19 彭君,莫雷,黄平,等.工作记忆训练提升幼儿流体智力表

- 现. 心理学报, 2014, 10: 1498-1508
- 20 Dahlin E, Neely AS, Larsson A, et al. Transfer of learning after updating training mediated by the striatum. *Science*, 2008, 320(5882): 1510
- 21 Redick TS, Shipstead Z, Harrison TL, et al. No Evidence of Intelligence Improvement after Working Memory Training: A Randomized, Placebo-Controlled Study. *Journal of Experimental Psychology General*, 2013, 142(2): 359-379
- 22 Thompson TW, Waskom ML, Garel KL, et al. Failure of Working Memory Training to Enhance Cognition or Intelligence. *Plos One*, 2013, 8(5): e63614
- 23 Zhao X, Zhou RL, Fu L, Maes JHR. Near and far transfer effects of working memory updating training in elderly adults. *Applied Cognitive Psychology*, 2014, 28(3): 403-408
- 24 Botto M, Basso D, Ferrari M, et al. When working memory updating requires updating: analysis of serial position in a running memory task. *Acta Psychologica*, 2014, 148: 123-129
- 25 Jaeggi SM, Buschkuhl M, Shah P, et al. The role of individual differences in cognitive training and transfer. *Memory and Cognition*, 2014, 42(3): 464-480
- 26 Katz B, Jaeggi S, Buschkuhl M, et al. Differential effect of motivational features on training improvements in school-based cognitive training. *Frontiers in Human Neuroscience*, 2014, 8(18): 242
- 27 Zhao X, Zhou R, Fu L. Working Memory Updating Function Training Influenced Brain Activity. *Plos One*, 2013, 8(8): e71063
- 28 Bjork EL, Bjork RA. Making things hard on yourself, but in a good way: Creating desirable difficulties to enhance learning. *Psychology and the Real World: Essays Illustrating Fundamental Contributions to Society*, 2011. 56-64
- 29 Stepankova H, Lukavsky J, Buschkuhl M, et al. The malleability of working memory and visuospatial skills: a randomized controlled study in older adults. *Developmental Psychology*, 2014, 50(4): 1049-1059
- 30 Chein JM, Morrison AB. Expanding the mind's workspace: Training and transfer effects with a complex working memory span task. *Psychonomic Bulletin and Review*, 2010, 17(2): 193-199
- 31 Kühn S, Schmiedek F, Noack H, et al. The dynamics of change in striatal activity following updating training. *Human Brain Mapping*, 2013, 34(7): 1530-1541
- 32 Hempel A. Plasticity of cortical activation related to working memory during training. *The American Journal of Psychiatry*, 2004, 161(4): 745-747
- 33 Schneiders JA, Opitz B, Tang H, et al. The impact of auditory working memory training on the fronto-parietal working memory network. *Frontiers in Human Neuroscience*, 2012, 6(24): 173
- 34 Schweizer S, Grahn J, Hampshire A, et al. Training the emotional brain: Improving affective control through emotional working memory training. *Journal of Neuroscience the Official Journal of the Society for Neuroscience*, 2013, 33(12): 5301-5311
- 35 Takeuchi H, Taki Y, Nouchi R, et al. Working memory training impacts the mean diffusivity in the dopaminergic system. *Brain Structure and Function*, 2014. 1-11
- 36 Salminen T, Strobach T, Schubert T. On the impacts of working memory training on executive functioning. *Frontiers in Human Neuroscience*, 2012, 6(4): 81-89
- 37 Ang SY, Lee K, Cheam F, et al. Updating and working memory training: Immediate improvement, long-term maintenance, and generalis ability to non-trained tasks. *Journal of Applied Research in Memory and Cognition*, 2015, 4(2): 121-128
- 38 Moody DE. Can intelligence be increased by training on a task of working memory? *Intelligence*, 2009, 37(4): 327-328
- 39 Sternberg RJ. Increasing fluid intelligence is possible after all. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2008, 105(19): 6791-6792
- 40 Gray JR, Chabris CF, Braver TS. Neural mechanisms of general fluid intelligence. *Nature Neuroscience*, 2003, 6(3): 316-322
- 41 Gray JR, Thompson PM. Neurobiology of intelligence: Science and ethics. *Nature Reviews Neuroscience*, 2004, 5(6): 471-482
- 42 Morrison AB, Chein JM. Does working memory training work? The promise and challenges of enhancing cognition by training working memory. *Psychonomic Bulletin and Review*, 2011, 18(1): 46-60
- 43 Li SC, Schmiedek F, Huxhold O. Working memory plasticity in old age: Practice gain, transfer, and maintenance. *Psychology and Aging*, 2008, 23(4): 731-742
- 44 Monica GM, Hulme, et al. Is Working Memory Training Effective? A Meta-Analytic Review. *Developmental Psychology*, 2013, 49(2): 270-291
- 45 Stephenson CL, Halpern DF. Improved matrix reasoning is limited to training on tasks with a visuospatial component. *Intelligence*, 2013, 41(5): 341-357
- 46 Klingberg T, Fernell E, Olesen PJ, et al. Computerized Training of Working Memory in Children with ADHD- A Randomized, Controlled Trial. *Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry*, 2005, 44(2): 177-186
- 47 Klingberg T, Forssberg H, Westerberg H. Training for working memory in children with ADHD. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 2002, 44(6): 781-791

(下转第889页)

- Xing Haiyan Yu Wei, Chen Sanmei, Tan Rongmei, Zhao Weiy-ing. A study on the social support in new generation of migrant workers in Zhejiang Province. *Modern Preventive Medicine*, 2013, 40(7): 1286-1288
- Xu Ruolan, Xu Chuanxin. A personality transformation in the new generation of rural emigrant workers and its influential factors. *Journal of Nanjing College for Population Programme Management*, 2007, 23(3): 19-24
- Yang Feifei, Huang Xin. Relationships among personality types, social support, and interpersonal trust in postgraduates. *China Journal of Health Psychology*, 2011, 19(5): 584-586
- Yang Jing, Huang Yan. Analysis on social support and interpersonal trust of students of a technical school. *Chinese Journal of School Health*, 2005, 26(7): 576-577
- Yang Qin, Zeng Bingjian, Han Jing. Correlation studies on personal trait, coping style and interpersonal confidence of college nursing student. *Modern Preventive Medicine*, 2009, 36(10): 1887-1889
- Yao Cuirong, Guo Cheng. Relationship between interpersonal trust and personal trait of normal college students. *China Journal of Health Psychology*, 2011, 19(5): 594-596
- Zhang Huixin Li Xiaohong, Yang Shaoqing. Research on relationships among self-esteem, personal traits and interpersonal trust. *Journal of North China Coal Medical College (Medical Science Edition)*, 2013, 15(4): 480-481
- Zhang Liande. Influence of interpersonal trust on social network of young migrant workers. *Socialism Studies*, 2010, 26(7): 40-44
- Zhong Qiuping. Research overview of mental disorders in migrant workers. *Gansu Nongye*, 2006, 6: 88-89
- Zhou Hao, Long Lirong. Statistical remedies for common method biases. *Advances in Psychological Science*, 2004, 12(6): 942-950
- Zolfaghar, K., & Aghaie. A. A syntactical approach for interpersonal trust prediction in social web applications: Combining contextual and structural data. *Knowledge-Based Systems*, 2012, 26: 93-102
- Zou Bing, Xie Xingli. Survey on interpersonal trust and personality traits of medical school students. *Chinese Journal of School Doctor*, 2008, 22(2): 175-176
- Zou Juan. Introduction to the overview of interpersonal trust research. *Knowledge Economy*, 2010, 14: 177-178

(收稿日期:2016-02-05)

(上接第813页)

- 48 Buschkuhl M, Jaeggi SM, Jonides J. Neuronal effects following working memory training. *Developmental Cognitive Neuroscience*, 2012, 2: S167-S179
- 49 Takeuchi H, Ataki S. Training of working memory impacts structural connectivity. *Journal of Neuroscience the Official Journal of the Society for Neuroscience*, 2010, 30(9): 3297-3303
- 50 Bäckman L, Karlsson S, Fischer H, et al. Dopamine D1 receptors and age differences in brain activation during working memory. *Neurobiology of Aging*, 2011, 32(10): 1849-1856
- 51 McNab F, Varrone A, Farde L, et al. Changes in cortical dopamine D1 receptor binding associated with cognitive training. *Science*, 2009, 323(5915): 800-802
- 52 Bäckman L, Nyberg L. Dopamine and training-related working-memory improvement. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 2013, 37(9): 2209-2219
- 53 Wager TD, Ee S. Neuroimaging studies of working memory: a meta-analysis. *Cognitive Affective & Behavioral Neuroscience*, 2003, 3(4): 255-274
- 54 von Bastian CC, Oberauer K. Effects and mechanisms of working memory training: a review. *Psychological Research*, 2014, 78(6): 803-820

(收稿日期:2016-01-07)

(上接第873页)

- 14 李飞, 苏林雁, 耿耀国. Barratt 冲动量表用于儿童的信度和效度初步研究. *中国临床心理学杂志*, 2006, 14(2): 115-117
- 15 Lu CF, Jia CX, Xu AQ, et al. Psychometric characteristics of Chinese version of Barratt Impulsiveness Scale-11 in suicides and living controls of rural China. *Omega*, 2012, 66(3): 215-229
- 16 Preuss UW, Rujescu D, Giegling I, et al. Psychometric evaluation of the German version of the Barratt Impulsiveness Scale. *Der Nervenarzt*, 2008, 79(3): 305-319
- 17 金凤仙, 程灶火, 刘新民, 等. 违法青少年家庭环境、教养方式和人格特征的对照研究. *中国临床心理学杂志*, 2016, 24(1): 53-55
- 18 李质彬, 袁颖, 杜江, 等. 海洛因依赖者冲动特征及性别差异的比较分析. *中国临床心理学杂志*, 2011, 19(6): 782-784
- 19 Someya T, Sakado K, Seki T, et al. The Japanese version of the Barratt Impulsiveness Scale, 11th version(BIS-11): its reliability and validity. *Psychiatry and clinical neurosciences*, 2001, 55(2): 111-114
- 20 Vasconcelos AG, Teodoro MLM, Malloy-Diniz L, et al. Impulsivity components measured by the Brazilian version of the Barratt Impulsiveness Scale (BIS-11). *Psicologia Reflexão E Crítica*, 2015, 28(1): 96-105
- 21 顾红磊, 温忠麟, 方杰. 双因子模型: 多维构念测量的新视角. *心理科学*, 2014, 4: 973-979

(收稿日期:2016-04-05)