

Evidence and Controversy about the Far Transfer Effect in Working Memory Training

Lijun Qin

Key Laboratory of Cognition and Personality of Ministry of Education, Faculty of Psychology, Southwest University, Chongqing
Email: 1139702019@qq.com

Received: Dec. 27th, 2018; accepted: Jan. 9th, 2019; published: Jan. 16th, 2019

Abstract

Enhancing high-level cognitive functions through training on working memory has attracted much attention from numerous researchers. While working memory (WM) training has been demonstrated to yield robust near transfer effect, it is still under intensive debate about whether there is a reliable far transfer effect. In this review, we reviewed the evidence supporting far transfer effect of WM training, and that do not. Especially, we examined those factors that may lead to inconsistent findings in meta-analyses, and analyzed the potential confounding variables when investigating the effect. The theoretical basis for far transfer effect in WM training was also discussed. Finally, we proposed that future studies should focus on uncovering the mechanisms of WM, the roles of different WM components in transfer and the neural substrates of transfer effect, which could be helpful in dealing with inconsistency in the field.

Keywords

Working Memory, Cognitive Enhancement, Near Transfer, Far Transfer, Fluid Intelligence

工作记忆训练远迁移效应的证据与争议

覃丽君

西南大学心理学部, 认知与人格教育部重点实验室, 重庆
Email: 1139702019@qq.com

收稿日期: 2018年12月27日; 录用日期: 2019年1月9日; 发布日期: 2019年1月16日

摘要

作为提升认知能力的重要手段，工作记忆训练的迁移效应受到广泛关注。已有研究表明工作记忆训练存在稳定的近迁移效应，但其远迁移效应却常受质疑。本文通过梳理工作记忆训练相关研究，在总结远迁移效应研究中主要争议的基础上，分析了产生这些争议的潜在混淆因素。作者提出，未来应该着眼于从工作记忆的加工机制、工作记忆不同成分在迁移效应中的作用、以及迁移产生的神经机制等方面，对远迁移效应开展更为深入系统的研究。

关键词

工作记忆，认知增强，近迁移，远迁移，流体智力

Copyright © 2019 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

个体在进行学习、言语理解、推理和问题解决等认知活动时，需要一个临时加工和存储的机制，这个机制通常称为工作记忆(working memory)。通常认为工作记忆由中央执行系统、语音环路、视空间模板、情景缓冲器组成，是一个存储和操纵信息的容量有限的记忆系统(Baddeley, 1992; Baddeley, 2001)。其中，中央执行系统负责支配和控制其它子系统的活动，是工作记忆的核心。视空间模板负责对视觉图像信息进行操作；语音环路负责贮存和复述言语信息，对语言词汇获得有重要作用；情景缓冲器是中央执行系统的存储组件，负责整合信息(Baddeley, 1992; Baddeley, 2001)。因此，工作记忆具有对信息进行编码、存储和提取能力。已有研究表明，工作记忆与多种认知能力存在紧密相关，工作记忆的水平决定了个体的智力表现以及学业和职业成就的高低(Alloway, Gathercole, Kirkwood, & Elliott, 2009; Alloway, Gathercole, & Pickering, 2006; Deary, Strand, Smith, & Fernandes, 2007; Gottfredson, 1997; Rapport, Scanlan, & Denney, 1999)。

近年来，认识脑和增强脑功能成为心理学和认知科学研究的热点问题，研究者开始试图通过多种方式(从“超级食物”到脑力训练)提升个体的大脑健康和认知能力，相关的研究领域被认为具有极大的应用价值和诱人的市场前景(Gupta, 2016; Makin, 2016)。鉴于工作记忆对于高级认知功能的决定性作用，因此通过工作记忆训练实现认知增强成为一个充满希望的途径。在工作记忆训练中，研究者通常会根据被试的任务表现适应性调整训练难度，最大限度地接近被试的工作记忆容量极限(刘春雷&周仁来, 2012)。工作记忆训练任务主要包括工作记忆广度任务(如：数字倒背任务)，刷新任务(如：N-back 任务)，复杂工作记忆任务(如：被试要记住刺激呈现的方位，还要判断呈现图形是否对称)。工作记忆训练的研究主要有两个关注点，一个是工作记忆能否产生近迁移(near transfer)效应，另一个则是能否产生远迁移(far transfer)效应。近迁移效应，即工作记忆训练提升个体在工作记忆或高度相关的认知功能方面的表现(如：工作记忆)；远迁移效应，则指工作记忆训练改善与工作记忆明显不同的认知或心理功能的表现(如：学习、理解、智力等)。

近迁移方面，已有研究比较一致地发现，工作记忆训练能够显著提高被试的工作记忆能力(Banales,

Kohnen, & McArthur, 2015; Holmes & Gathercole, 2014; Olesen, Westerberg, & Klingberg, 2004; Zinke, Zeintl, Eschen, Herzog, & Kliegel, 2012)。近迁移效应在一些特殊人群身上更明显,如, Klingberg 等(2005)利用言语和视空间工作记忆训练注意缺陷多动障碍儿童,发现训练后这些儿童的工作记忆能力显著提高。Westerberg & Klingberg (2007)和 Holmes 等(2009)分别训练中风病人、低工作记忆容量儿童,也得到了相同的结果。因此,工作记忆训练的近迁移在已有研究中得到较为一致的肯定。

然而,在更有应用价值的远迁移问题上文献中则存在较大争议。分别以 Jaeggi 团队和 Melby-Lervåg 团队为代表,前者相信工作记忆训练能产生有效的远迁移效应,后者则认为没有可靠的证据表明工作记忆训练能产生远迁移效应。目前,工作记忆训练研究争议的重点在于远迁移效应是否稳定出现。本文将对工作记忆训练远迁移效应近期研究做全面回顾,并讨论远迁移存在的理论可能性,最后就未来研究提出建议。

2. 支持工作记忆训练远迁移的研究

工作记忆训练远迁移效应的一个重要方面是训练提高了个体学业表现。通过工作记忆广度任务训练发现,训练提高了儿童的阅读成绩,且对患有阅读障碍的成人被试也同样有效,训练后提高了他们的阅读速度(Loosli, Buschkuhl, Perrig, & Jaeggi, 2012; Horowitzkraus & Breznitz, 2009)。此外,工作记忆训练也可以提高数学和计算能力。用复杂工作记忆任务对轻微智障青少年进行训练, Molen 等(2010)发现训练提高了被试在简单算术任务上的成绩,并且伴随着工作记忆能力的提高。类似的结果也见 Holmes 等(2009)。工作记忆训练之所以能提高个体的阅读、数学等学业能力,很可能是由于工作记忆能力对个体学业能力发展的高预测作用(Hitch et al., 2001; Alloway et al., 2009),正因如此,训练提高个体工作记忆能力的同时也提高了学业表现。

甚至有研究发现工作记忆训练能够提高一般认知能力或流体智力(Gf)。流体智力是一种推理和解决新异、抽象问题的能力,它不依赖于先前的知识和技能。一般认为,流体智力是学习和新技能获得的基础,其水平能有效预测个体在学业、事业等方面成就(Deary et al., 2007; Gottfredson, 1997)。工作记忆是流体智力和执行功能的核心(Ackerman et al., 2005; Friedman et al., 2006; Jaeggi et al., 2008; Garon et al., 2008),提高工作记忆特别是工作记忆刷新能力可以提高个体的流体智力。大多数研究者采用 N-back 任务这样一种提高工作记忆刷新能力的任务进行训练,都得到了较为显著的结果。Jaeggi 等人(2008)用双重 n-back 任务训练后发现,训练组流体智力成绩相较于控制组得到了显著提升,并且流体智力的提升与训练后工作记忆提高量相关,该研究同时发现工作记忆训练对流体智力的提升存在剂量效应,训练的时间越长则流体智力提升越大(相似的结果也见 Rudebeck 等(2012)和 Stephenson & Halpern (2013))。综合这些研究者的观点,训练之所以提高个体的流体智力,一方面是由于训练任务本身的适应性特点使得执行加工持续性参与,这引起 g 相关加工(即流体智力所需相关加工)而使被试最低限度地使用自动化和特定任务策略,另一方面,训练任务(n-back)和迁移任务(Gf)享有某种共同重要的认知能力(注意控制),迁移的产生可能是由于训练促进了个体的注意控制能力。实验中所使用的 n-back 训练任务涉及刷新新信息代替旧信息的过程,这启动注意转换机制,使经过训练的个体注意控制能力提高并迁移到流体智力任务表现中。最近,元分析的方法被应用于探究工作记忆训练的远迁移效应。元分析是对具有相同研究目的的多个独立研究结果进行系统分析、定量综合的一种研究方法。因此,通过元分析,可以进一步整体把握工作记忆训练的远迁移效应。Au 等(2015)对采用 N-back 任务训练的相关工作记忆训练研究进行了远迁移效应的元分析研究发现,训练产生了很小但显著的智力远迁移效应。与此一致, Karbach 和 Verhaeghen (2014)对老年人群体(60 岁以上)执行功能和工作记忆训练远迁移效应进行元分析,结果表明训练在流体智力上的远迁移效应处于中等水平。

总之,持工作记忆训练远迁移有效观点的研究者相信,仅仅几周的工作记忆训练能提高实验室量化测量的重要认知功能(Au, Buschkuhl, Duncan, & Jaeggi, 2016; Au et al., 2015; Jaeggi et al., 2008; Jaeggi, Buschkuhl, Jonides, & Shah, 2011)。执行功能和工作记忆训练对老年人提高认知能力、改善认知功能都非常有效(Karbach & Verhaeghen, 2014)。

3. 质疑工作记忆训练远迁移效应的研究

然而,质疑工作记忆训练远迁移效应的声音一直存在。少量的研究支持远迁移无效的观点。Redick 等人(2013)用适应性的视听双重 n-back 任务训练,将视觉搜索作为控制组任务,采用多种智力测量方式(如,瑞文高级(RAPM),瑞文标准(RSPM),卡特尔文化公平测验(Cattell Culture-Fair Test),折纸(Paper Folding),未发现训练提升流体智力的结果。类似的研究也未发现远迁移效应(Harrison et al., 2013; Thompson et al., 2013)。与 Jaeggi 等人(2008)发现工作记忆训练能远迁移到个体流体智力的研究不一样的是,这些未发现类似远迁移结果的研究,他们的实验设计中包含了积极控制组,并采用多种后测测量方式,而 Jaeggi 等人的研究里并不设置积极控制组且对流体智力的测量只采用了单一的流体智力测量(瑞文高级(RAPM)或难度更高的 Bochumer Matrizen-Test (BOMAT))。可见,实验设计以及测量方式的不同或许是造成这些研究之间结果不一致的原因。

鉴于这些与前人研究不一致的结果,元分析方法试图进一步综合考察工作记忆训练的远迁移效应。主要分别以 Au 和 Melby-Lervåg 等人的元分析为代表,对工作记忆训练远迁移效应是否稳定出现进行了激烈的讨论。

虽然 Au 等(2015)以及 Karbach 和 Verhaeghen (2014)在他们关于工作记忆训练的元分析中发现训练产生了很小但显著的智力远迁移效应(如前述),但由于这两者的元分析过程中存在纳入文章的偏差,如 Au 等选取的文章限制于 Google Scholar 和 PubMed 数据库,忽略了 Psych INFO 和 ERIC 中符合纳入分析标准的三篇文章,而 Karbach 等人的元分析中甚至还包含了无控制组的文章,因此,这种偏差会误导训练的真实结果。Melby-Lervåg 和 Hulme (2016)在规避了 Karbach 等人元分析中基线差异、控制组、极端值等问题后的元分析结果表明,工作记忆和执行功能训练远迁移效应很小并接近于 0 (效应值 $g = 0.05$),统计上不显著。这样的结果与他们前面那篇元分析的结果相一致: Melby-Lervåg 和 Hulme (2013)的元分析发现,训练并未对计算、阅读、词语解码等产生远迁移效应,在非言语能力上虽发现了显著的即时远迁移效应,但不持久。而且 Melby-Lervåg 和 Hulme (2016)分别重新计算了 Au 等(2015)元分析中包括的所有文章效应值($g = 0.13$)和增加几篇符合筛选条件的文章后的效应值($g = 0.10$),发现结果与 Au 等(2015)的计算结果($g = 0.24$)不一致。

以上元分析结果的不一致,与元分析研究的筛选标准、文章纳入、控制组等变量有关,具体将在文章下一部分详细介绍。这里值得注意的是,“发表偏倚”是不得不面对的问题,一般能搜索到的已经发表的文章几乎全都是有阳性结果的文章,阴性结果的文章相对较少(不易发表)。如果考虑到“发表偏倚”,工作记忆训练效益会更小或不存在。因此,持工作记忆训练远迁移无效观点的研究者相信,工作记忆训练只能产生短暂的近迁移,无有力证据表明训练能产生远迁移。

4. 远迁移的进一步争议和解释

现有研究结果的不一致激化了工作记忆训练远迁移效应的争议,以 Au 和 Melby-Lervåg 为代表的研究团队基于元分析结果,围绕积极控制组的设置、效应值计算、基线差异等问题展开争论,进一步探讨远迁移效应是否有存在的可能性。

4.1. 积极控制组的设置

Melby-Lervåg 和 Hulme (2013)在元分析研究中, 比较了有、无积极控制组对训练效应的影响, 结果发现不同控制组的使用在结果上存在显著差异。他们据此认为控制组设置会带入霍桑效应从而混淆真正的训练效应。Au 等人(2015)做了相同的分析, 结果却显示积极控制组和消极控制组远迁移效应不存在显著差异, 虽然含消极控制组的研究远迁移效应显著大于含积极控制组的研究。他们据此提出, 不是控制组设置混入霍桑效应而是其它混淆变量影响远迁移结果。Melby-Lervåg 和 Hulme (2016)很快质疑了 Au 等人的上述观点, 认为 Au 等(2015)的结果恰恰说明了控制组设置带来霍桑效应; 实验时如果没有设置积极控制组, 则有可能不是训练而是被试的期待造成了训练效果; 设置积极控制组才可以提供令人信服的证据支持特定认知训练产生的效益。此外, Melby-Lervåg 和 Hulme (2016)还指出 Karbach 和 Verhaeghen (2014)元分析中训练组与积极控制组远迁移效应差异并不显著的结果($p = 0.056$), 认为必须考虑控制组设置才能探讨训练的实际效应。Melby-Lervåg 和 Hulme (2016)对 Au 等(2015)纳入的文章再次元分析发现含积极控制组和含消极控制组的研究的效应量差异显著, 再次表明了积极控制组设置对远迁移效应的影响。

面对质疑, Au 等(2016)回应到, Melby-Lervåg 和 Hulme (2016)误解了组内效应值(积极控制组或消极控制组前后测差异标准化计算的效应)和组间效应值(训练组/控制组后测计算的效应)的涵义。组内效应的比较体现霍桑效应, 组间效应的比较则反映迁移效应。Au 等反驳称, 控制组设置带来霍桑效应的理想数据如图 1(a)所示, 但他们的元分析结果如图 1(b)所示, 这一结果并不支持工作记忆训练效应是由霍桑效应导致的解释。Au 等进一步提出, 是其它因素而不是霍桑效应造成了有、无积极控制组效应显著差异的结果, 含消极控制组研究的效应值显著更高与训练组超常表现有关, 但具体的解释尚不清楚, 特别是在考虑到含消极控制组研究的训练组效应值仍显著高于含积极控制组研究的训练组效应的情况。此外, Harrison 等(2013)和 Redick 等(2013)的研究采用了积极控制组, 但积极控制组的表现没有超过消极控制组, 也不符合霍桑效应理想数据模型。因此, Au 等人反驳称, 工作记忆训练的霍桑效应并不是由控制组设置而是其它因素造成。

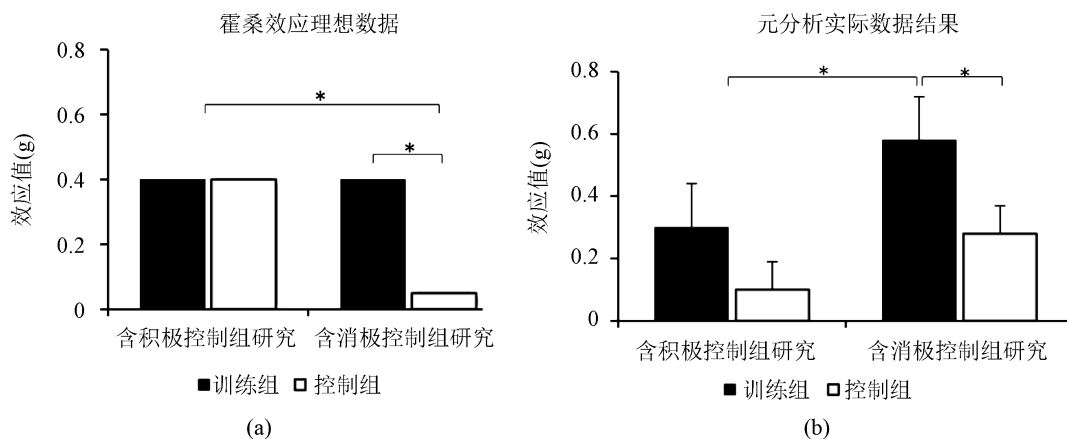


Figure 1. Hawthorne effect data (a) and meta-analysis results (b) (modified from Au et al., 2015)

图 1. 霍桑效应理想数据(a)与元分析实际数据结果(b) (修改自 Au 等, 2015)

4.2. 效应值(Effect Size)的计算差异

Melby-Lervåg 和 Hulme (2013)在他们最初的元分析文章中使用 gain score 计算训练效应值, 即:

$$\text{Gain score} = \left((\text{Post}_{\text{Treatment}} - \text{Pre}_{\text{Treatment}}) - (\text{Post}_{\text{Control}} - \text{Pre}_{\text{Control}}) \right) / \text{SD}_{\text{Pooled Pre}}$$

[$Post_{Treatment}$: 训练组后测均值; $Pre_{Treatment}$: 训练组前测均值; $Post_{Control}$: 控制组后测均值; $Pre_{Control}$: 控制组前测均值; $SD_{Pooled\ Pre}$: 前测联合标准差]

Au 等(2015)使用 Post ES 的计算方法, 即:

$$Post\ ES = (Post_{Treatment} - Post_{Control}) / SD_{Pooled}$$

[$Post_{Treatment}$: 训练组后测均值; $Post_{Control}$: 控制组后测均值; SD_{Pooled} : 联合标准差]

Melby-Lervåg 和 Hulme (2016)指出, 有必要将个体水平上的基线差异纳入效应量的计算, gain score 的计算方法理论上有更强的检验力。Au 等(2016)则认为, Post ES 是在假设被试的基线差异不显著的前提下, 将训练后两组的后测差异平均值标准化所计算出的效应量, 且该计算方法在许多研究中得到应用(如, Dunst, Hamby, & Trivette, 2004; Higgins & Green, 2011)。Melby-Lervåg 和 Hulme (2016)反驳称, 不考虑基线水平差异的效应值计算会误导训练真实结果。Au 等(2016)回应称, 虽然使用 Post ES 的计算方法, 但他们的研究中基线水平无显著差异, 且用 gain score 的方法重新计算, 得出的效应量和用 Post ES 计算的结果几乎是相同的($g_{post\ ES} = 0.241$; $g_{gain\ scores} = 0.239$); 他们据此驳斥, 是元分析数据编码和组织过程中不同的决策(多重训练组的效应值计算、文章纳入偏差、 G_f 的定义)而不是不同计算方式导致的结果差异。

4.3. 个体基线水平的差异

Melby-Lervåg 和 Hulme (2016)认为, 认知训练研究中被试分组非随机化和小样本会导致各组显著的基线差异, 他们以 Von Bastian 等(2013)的研究为例指出, 在不考虑基线差异的情况下, 智力远迁移效应增加 0.1 个标准差; 在考虑基线差异的情况下, 远迁移效应减少 0.4 个标准差。此外, Karbach 和 Verhaeghen (2014)的元分析基于小样本(5~12 个研究)进行效应分析, 会产生严重的结果偏差。Salminen 等(2012)的研究发现低基线组前后测改变存在显著差异, 高基线组则没有显著差异。事实上, 多项研究发现基线水平较低的被试在训练后改变大于高基线水平被试(朱祖德, 段懿行, & 王穗莘, 2017; Chein & Morrison, 2010; Jaeggi et al., 2011; Schmiedek, 2010)。因此, Melby-Lervåg 和 Hulme (2016)强调, 没有考虑基线差异会给出严重错误的结果。

5. 远迁移效应的进一步讨论

面对当前领域内激烈的争议, 我们有必要对远迁移是否存在进行深入地讨论。目前, 可以较为肯定的是, 远迁移效应在较年轻的被试群中更稳定。Yvonne 等(2012)训练老年被试和年轻被试的工作记忆, 发现训练使年轻被试在瑞文推理、Stroop 任务上的远迁移效应更大。Salminen 等(2016)和 Borella 等(2014)的研究也发现了相似的结果。另外, 工作记忆训练在特殊人群中的远迁移效果通常较为明显。对 ADHD 儿童、中风病人、阅读障碍、轻微智障以及工作记忆能力低下的被试进行工作记忆训练的研究发现, 训练不仅减缓了症状, 还提高了推理、阅读以及计算的成绩(Holmes et al., 2009; Klingberg et al., 2005; Loosli et al., 2012; Mj et al., 2010; Westerberg & Klingberg, 2007)。此外, 适当的动机影响远迁移效应。比如, Foroughi 等(2016)发现, 激发安慰剂组被试想提升认知能力的内部动机, 其流体智力在训练后的提高幅度相当于标准智力测验的 5 到 10 个点, 但控制组的表现没有得到显著改善。另外, Jaeggi 等(2014)的研究发现, 金钱奖励(外部动机)也影响远迁移效应, 没有或适当的金钱奖励促发远迁移效应。最后, 认为智力可塑的信念也影响远迁移效应(Jaeggi et al., 2014)。可见, 已有研究中存在一些未控制的混淆变量, 可能是不同研究之间结果不一致的原因。值得注意的是, 有研究(Holmes et al., 2009; Mj et al., 2010)发现, 工作记忆训练远迁移效应不在训练后即时发生, 而在训练后测间隔一段时间的测试中才出现, 即可能存在“延迟迁移效应”。但相关的证据仍不足, 今后的研究可作进一步探讨。

理论上, 工作记忆训练产生远迁移效应是有可能的。在有关远迁移效应的理论解释中, 目前较为合

理的是 PRIMs (Primitive information processing element)理论(Taatgen, 2016)。该理论假定, 当被试进行某特定任务训练时, 训练过程中会提高被试的一般认知技能, 这种提高了一般认知技能可在完成其它任务时再次使用, 从而提高被试在其它任务中的表现。这个理论为解释工作记忆训练远迁移效应机制提供了参考。它强调训练任务与迁移任务之间存在部分重叠, 具体来说可能是存在相同的算法, 但又不完全相同。训练强化了这些算法的使用, 可以理解为提高了认知技能, 这种技能正好也是完成迁移任务需要的, 进而产生了迁移。举例来讲, 工作记忆训练提高了工作记忆能力, 这种提高的一般认知技能正好也是推理、解决新异问题所需, 因此能够产生对流体智力的远迁移。按照该理论模型, 工作记忆训练的远迁移效应是真实存在的, 只是由于研究中没有控制好混淆变量的影响, 才造成有关研究结果不一致的局面。

6. 研究展望

针对目前各研究之间不一致的结果和元分析存在的争议, 未来需要做更多的探索。具体地, 未来的研究中需要设置积极控制组, 一方面考察实验中存在的混淆变量, 即是否存在安慰剂效应, 以解决目前关于设置积极控制组与否的争议。另一方面, 还可以考察训练任务属性对训练迁移效果的影响。有些研究(Jaeggi et al., 2008 ; Jonides, 2004)指出, 训练任务和迁移任务要具备共同的加工基础, 迁移效应才会发生。一般认为, 领域一般性的训练任务会迁移到未经训练的任务上, 而领域特定性任务则有局限, 只迁移到领域特定性的任务上, 未来的研究可从训练任务属性产生不同迁移效果这方面进一步研究, 加深对迁移机制的理解。另外, 个体差异对训练迁移效果的影响也应该引起重视, 如: 被试动机、个体基线差异等。以往的研究显示, 诱发被试动机的方式一般有反馈、奖励以及训练程序的有趣性(例如: 采用游戏的形式), 不同的动机特征也会对训练效果产生不同的影响(Katz et al., 2014)。未来在实验设计上可将被试动机作为变量, 探究动机对迁移效应的影响。很多研究已经表明, 通过工作记忆训练使工作记忆能力提高, 都与中央执行系统有关(Baddeley, 1992; Baddeley, 2001; Swanson & Berninger, 1996; Westerberg & Klingberg, 2007)。因此今后重点训练中央执行系统, 或许能显现训练的最大远迁移效应。此外, 追踪研究也很有必要, 目前对迁移效应持续性的探究还比较少且还没有一个相对稳定的结果, 工作记忆训练远迁移效应是否有效, 对其效应持续性的评估必不可少。总之, 开展这些方面的研究有助于探究相关混淆变量对迁移效应的影响, 为充分理解工作记忆训练远迁移的有效性提供证据和思路。

另外, 研究者在未来还需要回归到基础性研究, 清楚地理解和探明工作记忆的加工机制、工作记忆各成分的可塑性, 以及这些成分如何影响其它认知能力。此外, 根据前面提到的 PRIMs 理论, 工作记忆训练远迁移效应更可能是由于训练任务和测试任务之间所涉及的认知能力的重叠程度, 今后在实验研究中可采用测量学的方法对两者所涉及的认知能力的重叠程度进行测量。就工作记忆训练提升智力而言, 未来可以从研究工作记忆各成分与智力的关系, 充分利用相关和回归的方法, 测量两者在共同成分上的重叠程度, 并探究两者重叠程度对迁移效应有没有预测作用以及多大程度上进行预测。这将有助于进一步理解远迁移产生的机制, 丰富重叠度迁移理论的实证依据。

最后, 未来的研究还需要在神经方面提供更多的证据。虽然以往的研究发现, 工作记忆训练的行为改变伴随着神经机制的改变(Metzler-Baddeley, Caeyenberghs, Foley, & Jones, 2016; Olesen et al., 2004; Thompson, Waskom, & Gabrieli, 2016), 但探究远迁移效应神经机制的研究不多。Greenwood 和 Parasuraman (2016)对认知训练远迁移神经机制进行了初步探索, 他们的研究结果强调了注意控制脑区对迁移的关键作用。但工作记忆训练远迁移的神经机制还需要更多的实证研究加以深入探讨。

参考文献

刘春雷, 周仁来(2012). 工作记忆训练对认知功能和大脑神经系统的影响. *心理科学进展*, 20(7), 1003-1011.

- 朱祖德, 段懿行, 王穗莘(2017). 个体差异对工作记忆训练迁移效果的调节. *心理学报*, 49(8), 1022-1030.
- Ackerman, P. L., Beier, M. E., & Boyle, M. O. (2005). Working Memory and Intelligence: The Same or Different Constructs? *Psychological Bulletin*, 131, 30-60. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.131.1.30>
- Alloway, T. P., Gathercole, S. E., & Pickering, S. J. (2006). Verbal and Visuospatial Short-Term and Working Memory in Children: Are They Separable? *Child Development*, 77, 1698-1716. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8624.2006.00968.x>
- Alloway, T. P., Gathercole, S. E., Kirkwood, H., & Elliott, J. (2009a). The Working Memory Rating Scale: A Classroom-Based Behavioral Assessment of Working Memory. *Learning & Individual Differences*, 19, 242-245. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2008.10.003>
- Alloway, T. P., Gathercole, S. E., Kirkwood, H., & Elliott, J. (2009b). The Cognitive and Behavioral Characteristics of Children with Low Working Memory. *Child Development*, 80, 606-621. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8624.2009.01282.x>
- Au, J., Buschkuhl, M., Duncan, G. J., & Jaeggi, S. M. (2016). There Is No Convincing Evidence That Working Memory Training Is Not Effective: A Reply to Melby-Lervåg and Hulme (2015). *Psychonomic Bulletin & Review*, 23, 331-337. <https://doi.org/10.3758/s13423-015-0967-4>
- Au, J., Sheehan, E., Tsai, N., Duncan, G. J., Buschkuhl, M., & Jaeggi, S. M. (2015). Improving Fluid Intelligence with Training on Working Memory: A Meta-Analysis. *Psychonomic Bulletin & Review*, 22, 366-377. <https://doi.org/10.3758/s13423-014-0699-x>
- Baddeley, A. D. (1992). Working Memory. *Science*, 255, 556. <https://doi.org/10.1126/science.1736359>
- Baddeley, A. D. (2001). Is Working Memory Still Working? *American Psychologist*, 56, 851. <https://doi.org/10.1037/0003-066X.56.11.851>
- Banales, E., Kohnen, S., & McArthur, G. (2015). Can Verbal Working Memory Training Improve Reading? *Cognitive Neuropsychology*, 32, 1-29. <https://doi.org/10.1080/02643294.2015.1014331>
- Borella, E., Carretti, B., Cantarella, A., Riboldi, F., Zavagnin, M., & De, B. R. (2014). Benefits of Training Visuospatial Working Memory in Young-Old and Old-Old. *Developmental Psychology*, 50, 714. <https://doi.org/10.1037/a0034293>
- Chen, J. M., & Morrison, A. B. (2010). Expanding the Mind's Workspace: Training and Transfer Effects with a Complex Working Memory Span Task. *Psychonomic Bulletin & Review*, 17, 193. <https://doi.org/10.3758/PBR.17.2.193>
- Deary, I. J., Strand, S., Smith, P., & Fernandes, C. (2007). Intelligence and Educational Achievement. *Intelligence*, 35, 13-21. <https://doi.org/10.1016/j.intell.2006.02.001>
- Dunst, C. J., Hamby, D. W., & Trivette, C. M. (2004). Guidelines for Calculating Effect Sizes for Practice-Based Research Syntheses. *Centerscope*, 3, 1-10.
- Foroughi, C. K., Monfort, S. S., Paczynski, M., Mcknight, P. E., & Greenwood, P. M. (2016). Placebo Effects in Cognitive Training. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 113, 7470-7474. <https://doi.org/10.1073/pnas.1601243113>
- Friedman, N. P., Miyake, A., Corley, R. P., Young, S. E., Defries, J. C., & Hewitt, J. K. (2006). Not All Executive Functions Are Related to Intelligence. *Psychological Science*, 17, 172-179. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9280.2006.01681.x>
- Garon, N., Bryson, S. E., & Smith, I. M. (2008). Executive Function in Preschoolers: A Review Using an Integrative Framework. *Psychological Bulletin*, 134, 31. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.134.1.31>
- Gottfredson, L. S. (1997). Why g Matters: The Complexity of Everyday Life. *Intelligence*, 24, 79-132. [https://doi.org/10.1016/S0160-2896\(97\)90014-3](https://doi.org/10.1016/S0160-2896(97)90014-3)
- Greenwood, P. M., & Parasuraman, R. (2016). The Mechanisms of Far Transfer From Cognitive Training: Review and Hypothesis. *Neuropsychology*, 30, 742-755. <https://doi.org/10.1037/neu0000235>
- Gupta, S. (2016). Brain Food: Clever Eating. *Nature*, 531, S12-S13. <https://doi.org/10.1038/531S12a>
- Harrison, T. L., Shipstead, Z., Hicks, K. L., Hambrick, D. Z., Redick, T. S., & Engle, R. W. (2013). Working Memory Training May Increase Working Memory Capacity But Not Fluid Intelligence. *Psychological Science*, 24, 2409-2419. <https://doi.org/10.1177/0956797613492984>
- Higgins, J., & Green, S. E. (2011). Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions Version 5.1.0. *Naunyn-Schmiedeberg's Archiv für Experimentelle Pathologie und Pharmakologie*, 2011, S38.
- Hitch, G. J., Towse, J. N., & Hutton, U. (2001). What Limits Children's Working Memory Span? Theoretical Accounts and Applications for Scholastic Development. *Journal of Experimental Psychology General*, 130, 184-198. <https://doi.org/10.1037/0096-3445.130.2.184>
- Holmes, J., & Gathercole, S. E. (2014). Taking Working Memory Training from the Laboratory into Schools. *Educational Psychology*, 34, 440-450. <https://doi.org/10.1080/01443410.2013.797338>
- Holmes, J., Gathercole, S. E., & Dunning, D. L. (2009). Adaptive Training Leads to Sustained Enhancement of Poor Work-

- ing Memory in Children. *Developmental Science*, 12, F9-F15. <https://doi.org/10.1111/j.1467-7687.2009.00848.x>
- Horowitzkraus, T., & Breznitz, Z. (2009). Can the Error Detection Mechanism Benefit from Training the Working Memory? A Comparison between Dyslexics and Controls—An ERP Study. *PLoS ONE*, 4, e7141. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0007141>
- Jaeggi, S. M., Buschkuhl, M., Jonides, J., & Perrig, W. J. (2008). Improving Fluid Intelligence with Training on Working Memory. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 105, 6829-6233. <https://doi.org/10.1073/pnas.0801268105>
- Jaeggi, S. M., Buschkuhl, M., Jonides, J., & Shah, P. (2011). Short- and Long-Term Benefits of Cognitive Training. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 108, 10081-10086. <https://doi.org/10.1073/pnas.1103228108>
- Jaeggi, S. M., Buschkuhl, M., Shah, P., & Jonides, J. (2014). The Role of Individual Differences in Cognitive Training and Transfer. *Memory & Cognition*, 42, 464-480. <https://doi.org/10.3758/s13421-013-0364-z>
- Jonides, J. (2004). How Does Practice Makes Perfect? *Nature Neuroscience*, 7, 10-11. <https://doi.org/10.1038/nn0104-10>
- Karbach, J., & Verhaeghen, P. (2014). Making Working Memory Work: A Meta-Analysis of Executive-Control and Working Memory Training in Older Adults. *Psychological Science*, 25, 2027-2037. <https://doi.org/10.1177/0956797614548725>
- Katz, B., Jaeggi, S., Buschkuhl, M., Stegman, A., & Shah, P. (2014). Differential Effect of Motivational Features on Training Improvements in School-Based Cognitive Training. *Frontiers in Human Neuroscience*, 8, 242. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2014.00242>
- Klingberg, T., Fernell, E., Olesen, P. J., Johnson, M., Gustafsson, P., Dahlstrom, K., Westerberg, H. et al. (2005). Computerized Training of Working Memory in Children with ADHD—A Randomized, Controlled Trial. *Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry*, 44, 177-186.
- Loosli, S. V., Buschkuhl, M., Perrig, W. J., & Jaeggi, S. M. (2012). Working Memory Training Improves Reading Processes in Typically Developing Children. *Child Neuropsychology: A Journal on Normal & Abnormal Development in Childhood & Adolescence*, 18, 62-78. <https://doi.org/10.1080/09297049.2011.575772>
- Makin, S. (2016). Brain Training: Memory Games. *Nature*, 531, S10-S11. <https://doi.org/10.1038/531S10a>
- Melby-Lervåg, M., & Hulme, C. (2013). Is Working Memory Training Effective? A Meta-Analytic Review. *Developmental Psychology*, 49, 270-291. <https://doi.org/10.1037/a0028228>
- Melby-Lervåg, M., & Hulme, C. (2016). There Is No Convincing Evidence That Working Memory Training Is Effective: A Reply to Au et al. (2014) and Karbach and Verhaeghen (2014). *Psychonomic Bulletin & Review*, 23, 324-330. <https://doi.org/10.3758/s13423-015-0862-z>
- Metzler-Baddeley, C., Caeyenberghs, K., Foley, S., & Jones, D. K. (2016). Task Complexity and Location Specific Changes of Cortical Thickness in Executive and Salience Networks after Working Memory Training. *Neuroimage*, 130, 48-62. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2016.01.007>
- Molen, M. J. V. D., Luit, J. E. H. V., Molen, M. W. V. D., Klugkist, I., & Jongmans, M. J. (2010). Effectiveness of a Computerized Working Memory Training in Adolescents with Mild to Borderline Intellectual Disabilities. *Journal of Intellectual Disability Research*, 54, 433-447. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2788.2010.01285.x>
- Olesen, P. J., Westerberg, H., & Klingberg, T. (2004). Increased Prefrontal and Parietal Activity after Training of Working Memory. *Nature Neuroscience*, 7, 75-79. <https://doi.org/10.1038/nn1165>
- Rapport, M. D., Scanlan, S. W., & Denney, C. B. (1999). Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder and Scholastic Achievement: A Model of Dual Developmental Pathways. *Journal of Child Psychology & Psychiatry*, 40, 1169-1183. <https://doi.org/10.1111/1469-7610.00534>
- Redick, T. S., Shipstead, Z., Harrison, T. L., Hicks, K. L., Fried, D. E., Hambrick, D. Z., Engle, R. W. et al. (2013). No Evidence of Intelligence Improvement after Working Memory Training: A Randomized, Placebo-Controlled Study. *Journal of Experimental Psychology General*, 142, 359-379. <https://doi.org/10.1037/a0029082>
- Rudebeck, S. R., Bor, D., Ormond, A., O'Reilly, J. X., & Lee, A. C. H. (2012). A Potential Spatial Working Memory Training Task to Improve both Episodic Memory and Fluid Intelligence. *PLoS ONE*, 7, e50431. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0050431>
- Salminen, T., Frensch, P., Strobach, T., & Schubert, T. (2016). Age-Specific Differences of Dual n-Back Training. *Neuropsychology Development & Cognition*, 23, 18-39. <https://doi.org/10.1080/13825585.2015.1031723>
- Salminen, T., Strobach, T., & Schubert, T. (2012). On the Impacts of Working Memory Training on Executive Functioning. *Frontiers in Human Neuroscience*, 6, 166.
- Schmiedek, F. (2010). Adult Age Differences in Covariation of Motivation and Working Memory Performance: Contrasting Between-Person and Within-Person Findings. *Research in Human Development*, 7, 61-78. <https://doi.org/10.1080/15427600903578177>

- Stephenson, C. L., & Halpern, D. F. (2013). Improved Matrix Reasoning Is Limited to Training on Tasks with a Visuospatial Component. *Intelligence*, 41, 341-357. <https://doi.org/10.1016/j.intell.2013.05.006>
- Swanson, H. L., & Berninger, V. W. (1996). Individual Differences in Children's Working Memory and Writing Skill. *Journal of Experimental Child Psychology*, 63, 358-385. <https://doi.org/10.1006/jecp.1996.0054>
- Taatgen, N. A. (2016). *Theoretical Models of Training and Transfer Effects*. Cognitive Training. Berlin: Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-42662-4_3
- Thompson, T. W., Waskom, M. L., & Gabrieli, J. D. (2016). Intensive Working Memory Training Produces Functional Changes in Large-Scale Frontoparietal Networks. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 28, 575-588. https://doi.org/10.1162/jocn_a_00916
- Thompson, T. W., Waskom, M. L., Garel, K. L., Cardenasiniguez, C., Reynolds, G. O., Winter, R., Alvarez, G. A. et al. (2013). Failure of Working Memory Training to Enhance Cognition or Intelligence. *PLoS ONE*, 8, e63614. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0063614>
- Von Bastian, C. C., Langer, N., Jäncke, L., & Oberauer, K. (2013). Effects of Working Memory Training in Young and Old Adults. *Memory & Cognition*, 41, 611-624. <https://doi.org/10.3758/s13421-012-0280-7>
- Westerberg, H., & Klingberg, T. (2007). Changes in Cortical Activity after Training of Working Memory—A Single-Subject Analysis. *Physiology & Behavior*, 92, 186-192. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2007.05.041>
- Yvonne, B., Helena, W., & Lars, B. (2012). Working-Memory Training in Younger and Older Adults: Training Gains, Transfer, and Maintenance. *Frontiers in Human Neuroscience*, 6, 63.
- Zinke, K., Zeintl, M., Eschen, A., Herzog, C., & Kliegel, M. (2012). Potentials and Limits of Plasticity Induced by Working Memory Training in Old-Old Age. *Gerontology*, 58, 79-87. <https://doi.org/10.1159/000324240>

知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2160-7273, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: ap@hanspub.org