

## “提取练习”促进意义学习：实验凭证与教学应用\*

马小凤 周爱保 崔 丹 张荣华

(西北师范大学心理学院, 兰州 730070)

**摘 要** “提取练习”对记忆保持的促进效应在过去 10 年获得了研究者的高度关注与认同。在此基础上, 研究者开始将提取练习研究的关注点由记忆保持转向对教学实践更具价值的意义学习上。本文从提取练习对意义材料学习的促进效应、提取练习在意义学习评估指标上的优势以及提取练习与其它意义学习方法的比较三个方面回顾了提取练习促进意义学习的实验证据, 介绍和比较了两种解释提取练习如何促进意义学习的理论假设, 并且梳理了在真实的课堂教学中获得的提取练习促进意义学习的研究成果。综述表明, 提取练习与重复学习和精细加工学习相比, 在促进意义学习方面更具优势, 值得且可以在教学实践中进行推广。但是, 现有研究中纳入的意义学习的评估指标体系、所涉及的知识类型以及与之比较的意义学习方法都较为单一, 且内部机制的解释理论也存在争议, 在以上方面还需要进行深入研究。

**关键词** 提取练习; 意义学习; 意义材料; 迁移

**分类号** B849: G44

提取练习效应(retrieval practice effect)是指在一个等值的时间里, 对某个学习材料进行一次或多次的记忆提取(测试)要比重复学习这个材料在将来产生更持久的记忆保持和更优的知识迁移, 也称为测试效应(test effect) (Roediger & Karpicke, 2006a; Karpicke & Roediger, 2008; Pyc & Rawson, 2009; Butler, 2010; Karpicke & Blunt, 2011; Carpenter, 2011)。近年来, 基于认知心理学家对于教育实践的热切关注, 国外有关提取练习效应的研究蓬勃发展。据统计, 近 10 年来约有 82 篇文章, 168 个实验对提取练习效应进行了研究, 相关成果相继发表在 Science, Psychological Science 等权威杂志上(Rawson & Dunlosky, 2011), 得到了心理学、教育学界以及媒体的高度关注。纽约时报(The New York Times)、高等教育年鉴(The Chronicle of Higher Education)等都对相关研究成果进行了报道。该研究课题迅速成为学习与记忆研究领域的热点问题。

意义学习(meaningful learning)是指持久而有效的学习, 能够使学习者产生有组织的、连贯而

整合的心理模型, 从而允许学习者进行知识的迁移和应用(Mayer, 2007; Karpicke, 2012)。长久以来, 在教育背景下, 受到教育研究者广泛推崇的意义学习方法主要是精细加工学习, 例如以建构概念图为代表的主动学习策略。但是, Karpicke 和 Blunt 于 2011 年发表在《Science》上的实验研究表明, 基于提取练习的学习(retrieval-based learning)与建构概念图相比, 能够产生更持久的记忆保持量和更优的知识迁移。这一结论在复杂的教育材料上证实了提取练习的强大效应, 引发了教育研究者的广泛关注, 开辟了意义学习的新视角。除此以外, 许多研究者使用具有科学主题的教育文本在其研究中证实了提取练习在推理、解决新问题等意义学习的形式上具有持久的效果(Butler, 2010; Rohrer, Taylor, & Sholar, 2010; Carpenter, 2012)。在此基础上, Karpicke 和 Grimaldi 于 2012 年撰文指出, 积极主动的提取学习是促进意义学习的新策略、新视角, 正式将提取练习策略引入意义学习的研究领域(Karpicke, 2012; Karpicke & Grimaldi, 2012)。本文分别从提取练习促进意义学习的实验证据、内部机制、应用研究、研究展望四个方面综述了提取练习促进意义学习的相关研究, 以供相关理论与应用研究者进行参考。

收稿日期: 2013-05-02

通讯作者: 周爱保, E-mail: zhouab@nwnu.edu.cn

## 1 提取练习促进意义学习的实验证据

教学有两个最基本的目标：促进记忆保持和知识迁移(体现为意义学习)。近10年来,有关提取练习效应的大量研究显示,提取练习对于记忆保持具有促进效应(McDaniel & Fisher, 1991; Carpenter & DeLosh, 2005, 2006; Carpenter, 2009, 2011; Kornell, Hays, & Bjork, 2009; Pyc & Rawson, 2010)。在此基础上,认知心理学家为了将认知原则整合到真正的教学活动中,开始着力探讨提取练习对于意义学习的促进作用。当前,许多研究者通过选择意义材料作为实验材料,将提取练习与其他意义学习的方法做比较,以及测量提取练习在推理、知识应用等意义学习评估指标上的效应这三个方面来研究提取练习对于意义学习的促进效应。

### 1.1 基于意义材料的实验证据

Roediger和Karpicke(2006b)使用具有科学主题的、简短的教育文本测查了提取练习对于学习意义材料的促进效应,3组被试在3种不同学习条件下进行学习:第一组是对材料进行4次重复学习(SSSS);第二组是对材料进行3次重复学习加一次提取(SSSR),在最后一次提取中,让被试把看过的材料尽可能的回忆并写出来;第三组仅仅对材料学习一次,但是进行3次提取(SRRR),提取时间同第二组一样要求被试把看过的材料尽可能多地回忆出来,并且每次提取过后不给予任何反馈。一周以后,被试回到实验室进行最终测试。结果表明,尽管三组被试花费了同样的时间进行学习,但是进行提取的两组被试的成绩显著地高于重复学习组的被试,即使在没有反馈的情况下也是如此。在此之后,有一系列的研究证实主动的提取练习可以加强对教育材料的学习(Agarwal, Karpicke, Kang, Roediger, & McDermott, 2008; Butler & Roediger, 2007; Kang, McDermott, & Roediger, 2007; McDaniel, Howard, & Einstein, 2009; Karpicke & Roediger, 2010)。更进一步地, Richland, Kornell 和 Kao (2009)的研究发现:仅仅对所学的意义材料进行尝试性的提取就可以加强对后续新知识的编码。在该研究中,研究者让实验组的被试在学习意义材料前先进行前测,回答材料中涉及的相关概念的问答题,进行尝试性提取,而控制组的被试直接学习意义材料。结果表

明实验组的最终测试成绩显著地高于控制组,不论是在学习后立即测试,还是在一周以后进行延迟测试,结果都一样好。

### 1.2 基于意义学习评估指标的实验证据

“意义学习(meaningful learning)”常常通过与“机械学习(rota learning)”的比较来界定(Mayer, 2007)。一般而言,研究者会认为机械学习是脆弱而短暂的,会产生组织不善的知识,缺乏连贯性和整合性,不能进行推理以及将知识迁移到一个新问题中。比较而言,意义学习被认为是有效而持久的,会产生有组织的、连贯的以及整合的心理模型,并且因此而促使学习者进行推理和知识应用。由此可见,迁移和推理可以被认为是意义学习的评估指标。

首先,对于提取练习促进迁移的实验研究目前可以依照Barnett和Ceci(2002)提出的迁移分类系统归纳为以下三个方面:(1)时间背景下的迁移; Carpenter, Pashler, Wixted 和 Vul (2008), Carpenter, Pashler 和 Cepeda (2009)通过让被试学习言语信息词对(例如:斯瓦希里语—英语),并对目标词进行提取练习后发现,不论是提取练习后间隔5分钟进行最终测试,还是间隔几周甚至间隔到9个月,提取练习组的成绩都要优于重复学习组。其它的一些研究则在提取练习完成几天后确认了其知识在时间维度上的迁移效果(Agarwal et al., 2008)。并且,相关研究指出初始学习阶段中,被试进行完提取练习后间隔一段时间进行最终测试要比立即进行最终测试的效果更好(Coppens, Verhoeijen, & Rikers, 2011; Kornell, Bjork, & Garcia, 2011; Roediger & Karpicke, 2006b; Toppino & Cohen, 2009)。这些研究的结果表明当初进行提取练习和最终进行测试的内容相似时,提取练习产生的效应可以在新异的时间背景下进行迁移。(2)测试形式间的迁移; Carpenter, Pashler 和 Vul (2006)的研究发现对于词对的学习,采用对目标词进行线索回忆的策略比对词对进行重复学习的结果要好,不论研究者在最终测试上测量的是对目标词的保持(A—?)还是对线索词(?—B)的保持,其效果一样。同类研究在词单、教育文本、地图学习和空间知识学习上均证实了提取练习的效应可以在不同的测试形式之间进行迁移(Carpenter & DeLosh, 2006; Carpenter, 2009, 2011; McDaniel, Roediger, McDermott, 2007; Rohrer et

al., 2010; Carpenter & Kelly, 2012)。(3)知识领域间的迁移。已有研究表明提取练习不仅可以促进相同知识领域内与提取内容相关的知识的记忆(Chan, McDermott, & Roediger, 2006; Chan, 2009, 2010),还可以促进相同知识领域中所学规则在新异材料中的应用(Kang, McDaniel, & Pashler, 2011)。同样地,在自然概念的学习中, Jacoby, Wahlheim 和 Coane (2010)的研究发现,在学习将各种鸟类划分到特定的遗传类别中时,提取练习的效果要比重复学习的好,并且其优势不仅限于记忆的保持,在遇到之前没有学习过的鸟类时,使用提取练习策略的被试可以将其进行正确的分类。

其次, Butler (2010)开展的一系列实验研究非常精巧地证实了提取练习在推理学习中的优势效应。在其实验中,被试学习6篇不同主题的短文,每篇短文分为8个自然段,每段包括一个事实和概念。在初学阶段,被试分别进行重复学习和重复提取两种条件的学习。学习阶段结束后,学习者在4个实验中完成3种条件的最终测试:第一种测试用于检测被试对学习阶段所学的概念和事实的记忆保持能力;第二种测试用于检测被试对初学阶段学习的短文内容进行相同知识领域推理的能力;第三种测试用于检测被试对初学阶段学习的短文内容进行不同知识领域推理的能力。结果表明:重复提取相比于重复学习产生了更好的记忆保持和知识迁移,不论是在相同知识领域的迁移还是在不同知识领域的迁移,其结果都一样。

### 1.3 基于与其它意义学习方法比较的实验证据

Karpicke 和 Blunt (2011)运用两个实验比较了提取练习和建构概念图这两种策略对于学习的有效性。众所周知,建构概念图是教育界极为认可的促进意义学习的有效策略。两个实验的研究结果表明,相同学习时间内,在事实类知识和推理类知识两种不同的最终测试题型上,提取练习组的成绩均显著地高于建构概念图组和重复学习组。由于该研究使用了意义材料,在最终测试中设计了推理题,考察了被试的知识迁移量,并且与建构概念图策略进行了比较。因此,其结果揭示了提取练习对意义学习的有效性,表明了提取练习与建构概念图相比是更为有效的意义学习策略。

## 2 提取练习促进意义学习的内部机制

提取练习为什么能够促进意义学习,其背后的机制是什么?目前,有关提取练习效应的机制解释主要集中在提取本身如何影响记忆上,即提取与编码相比,对学习产生了怎样的特殊影响。与此相关的理论有记忆失用新理论(Bjork & Bjork, 1992),精细提取假设(Carpenter, 2009),中介效应假设(Pyc & Rawson, 2010),基于分布的二分模型假设(Halamish & Bjork, 2011; Kornell et al., 2011)等。在诸多理论中,精细提取假设受到推崇并引发争议。其中, Karpicke 和 Smith (2012)运用4个实验比较了提取练习与精细编码的不同,指出提取练习之所以能够促进学习并不是由于学习者在提取时产生精细编码所致,而是提取使得学习者重构知识,在重构中加强了提取线索的诊断性,从而提高了将来回忆的可能性,产生了提取练习效应。依据 Karpicke 和 Smith (2012)对这一理论假设的描述,在其尚未对假设进行提炼命名的情况下,我们为行文清楚流畅,先将这一理论假设命名为“搜索—诊断假设”。

### 2.1 精细提取假设

Carpenter (2009, 2011)在 Collins 的记忆激活扩散模型基础上提出了精细提取假设(Elaborative retrieval hypothesis),并通过实验进行了证明。精细提取假设认为,与重复学习(SS)条件下再次学习时信息都呈现出来相比,学习—测试(ST)条件下的提取练习只呈现提取线索(或不呈现任何信息),被试需要在长时记忆中努力搜索没呈现出来的、之前学习过的内容,在这种搜索过程中,可能会激活多个与学习内容相关的概念,并可能形成一个新的语义概念网络,或使原有语义概念网络间的联结通路增强。这种语义网络概念的形成过程本身就是一种精细化的加工模式,而根据这种模式建立起来的网络将对信息的长时保持有利。提取练习之所以比重复学习更能促进学习,其原因在于提取比重复学习更有可能形成精细化的语义概念网络,使得学习者对学习材料进行精细化的加工,从而提高记忆的保持与迁移。

### 2.2 搜索—诊断假设

Karpicke 和 Smith (2012)为反驳精细提取假设,运用实验研究区分了提取练习与精细编码的

记忆效应,并指出提取包含着一个从已建立的搜索集中辨别提取线索的过程,而这一提取线索是被用于确认先前学习过的目标事件的。在辨别过程中,提取线索的诊断价值或者有效性是一个线索在多大程度上指定一个特定的目标项而排除其他竞争者的函数。换句话说,即线索的诊断性越强,越能够准确地排除进行干扰的竞争项而确定正确的目标项。依据线索诊断性视角,多次提取增强了线索的诊断性,加强了提取线索和指定目标项之间的联系,与此同时削弱了提取线索与搜索集中竞争项的联系,从而增强了学习者在将来正确回忆先前学习过的内容的可能性,产生提取练习效应。

### 2.3 两种理论假设对于提取练习促进意义学习的解释力评价

有关提取为记忆提供了精细编码的机会,从而产生提取练习效应的观点由来已久(McDaniel & Masson, 1985)。并且,在 Carpenter 于 2009 年正式提出精细提取假设来解释提取练习效应的内部机制后,得到许多研究者的认同(Kang, 2010; Pyc & Rawson, 2010; Roediger & Butler, 2011)。由于精细加工学习已经被教育心理学家倡导了数十年,因此,当任何一种学习条件产生有效的学习效果后,人们都会毫不犹豫地认为这种条件诱发了精细编码(Karpicke & Smith, 2012)。另外,有意义学习的心理机制是同化,其实质是语言文字符号所代表的新知识与学习者认知结构中已有的适当观念建立非人为性和实质性的联系。而一些研究也已指出,精细编码的过程其实就是将新信息整合进已有知识体系的过程(Palmere, Benton, Glover, & Ronning, 1983; Pressley, McDaniel, Turnure, Wood, & Ahmad, 1987; Reder, 1979)。基于此,运用精细提取假设来解释提取练习促进意义学习的内部机制更容易被研究者理解和接受。但是,精细提取假设的提出是基于词对的研究,目前没有涉及意义材料,也没有涉及到诸如推理、迁移这样的意义学习的评估指标,使其解释力受到限制。

反观搜索—诊断假设,由于长期以来研究者一致认为学习仅仅发生在“编码”阶段,对提取练习效应来自于“提取”本身这一认识并不深入。但是,已有研究表明,提取包含建立和划定一系列的提取线索(搜索集),然后使用这些线索去辨别

目标事件是否发生过(Nairne, 2006; Surprenant & Neath, 2009)。这一过程包含着从备选项中辨别目标事件并且选择出被假设为唯一提取项的目标事件。这一理论视角指出精细加工的学习方法产生的记忆效应可能和提取练习是不一样的。相关研究也已证实精细加工对于长时记忆保持的记忆效应不及提取练习(Karpicke & Zaromb, 2010; Karpicke & Smith, 2012)。更有意义的是, Karpicke 和 Blunt (2011)运用意义材料,发现提取练习比以建构概念图为代表的精细加工学习产生了更持久的记忆效应,并在推理这一意义学习的评估指标上表现的更好。基于此,线索诊断假设相比于精细提取假设,对于解释提取练习促进意义学习的内部机制似乎更为合理和有力。

## 3 提取练习促进意义学习的教学应用研究

提取练习促进记忆保持的实验证据最早是由 Abbott 于 1909 年在其研究中提出的(引自 Roediger & Karpicke, 2006b),但在当时却未引起学术界的广泛关注,并且随着干扰学说的兴起,研究者一度将研究兴趣转向遗忘规律的研究,使得提取练习效应的研究几乎停滞(Roediger & Karpicke, 2006b)。进入 21 世纪后,研究者重燃对提取练习效应的研究热情,取得了令人瞩目的研究成果,其中一个重要的原因是研究者看到了提取练习效应对于教育实践的重要意义。因此,许多研究者开始将实验室的研究成果推广到真正的课堂和教学材料中,在中学课堂和大学课堂中展开了包含提取练习的课堂测验和网络在线测验的应用研究。其中,美国哥伦比亚中学开展的长达 5 年之久的有关提取练习的应用研究取得了丰硕的研究成果(Agarwal et al, 2008; McDaniel, Agarwal, Huelser, McDermott, & Roediger, 2011; Roediger, Agarwal, McDaniel, & McDermott, 2011; McDaniel, Thomas, Agarwal, McDermott, & Roediger, 2013),给予教育实践重要的启示:即低风险的课堂测试和网络在线测试包含着提取加工,可以帮助学生在课堂中进行主动的提取练习,是能够提高学生学习效果的有效策略。从已有的课堂测验和网络在线测验的应用研究来看,其对于意义学习的促进主要体现在意义材料的学习和意义学习的评估指标上。

### 3.1 促进意义学习的课堂测验研究

#### 3.1.1 促进意义材料学习的课堂测验研究

Leeming (2002)在其讲授的大学《心理学导论》课与《学习和记忆》课上开展了课堂测验研究,即在每节课开始前进行包括7个简答题的10到15分钟的测试。每次测试后花2到3分钟与学生一起讨论正确答案,然后开始讲课。一学期的课程总共包括了22到24次测试。结果表明,在最终的学期测试中,同样是他讲授的课程,进行每日一测的课程内容比没有进行每日一测课程内容的成绩要好。Lyle和Crawford (2011)在大学《心理统计学》课上,要求在学习完一堂课后回答一组与当堂课程学习内容相关的问题,相当于对本堂课程内容进行信息提取。结果表明在正式的课程考试中,进行了提取练习的课程内容的成绩显著地高于没有进行提取练习的课程内容。Roediger等(2011)在中学选取六年级学生,在其课堂上对社会学教材中的古代史章节开展了3个实验研究。结果表明,在课堂上进行提取练习能够促进意义材料的学习,在章节考试中测试组成绩要显著地高于无测试组。并且,测试组在与重复学习组和学生自测组的比较中也表现出了优势效应。与以上研究类似,其余很多在课堂中开展的有关提取练习效应的研究都就地取材,使用真实教学中的意义材料作为实验材料,证实了提取练习对于意义材料学习的促进效应(Narloch, Garbin, & Turnage, 2006; Agarwal, Bain, & Chamberlain, 2012)。

#### 3.1.2 促进意义学习评估指标的课堂测验研究

在意义学习的评估指标上,课堂测验研究主要在时间序列的迁移和测试形式的迁移上进行了探索。

首先,在时间序列的迁移上,McDaniel等(2011)选取了139名八年级学生,在其课堂上对社会学教材的某个章节进行了前测、教师授课、后测、回顾性测试的实验处理,并且分别在3种延迟间隔上(5天、3~5个月、5~8个月)进行最终测试,结果表明进行了课堂测试的章节在3种延迟间隔的测试成绩上均显著地高于没有进行课堂测试的章节,课堂测试产生的记忆效应可以保持长达8个月之久。

其次,测试形式的迁移上,McDaniel等(2013)选取了七年级和八年级学生各142名,在其科学

课堂上运用两个实验来检测当课堂测验与最终测验的题型不同时,提取练习效应是否会出现。实验1结果表明:不论课堂测验和最终测试之间的题型是一致的(概念型—概念型,定义型—定义型),还是不一致的(概念型—定义型,定义型—概念型),其结果都出现了显著的测试效应,即进行课堂测验的学习内容在最终测试的成绩上显著地高于没有进行课堂测验的学习内容。实验2与实验1相似,不同之处在于题型间的迁移转变成了概念型和应用型。结果同样出现了显著的提取练习效应,但是仅限于概念型到应用型的迁移,在应用型向概念型题型的迁移上没有出现测试效应。这一结果表明中学生可以将定义型知识向应用型迁移,但是反过来却不成立。以上研究充分说明提取练习学习的灵活性和迁移性。

### 3.2 促进意义学习的网络在线测验研究

#### 3.2.1 促进意义材料学习的网络在线测验研究

Johnson和Kiviniemi (2009)在美国中西部州立大学的《社会心理学入门》这一课程中对所学课程的章节进行了网络在线测试。选修该课程的159名学生每周需要阅读教材的一个章节。并且,研究者要求被试在阅读章节后完成一个在线测试,这一在线测试要在课程学习开始前在课外完成并计算相应的学分。在线测试系统为学生随机呈现与学习章节内容相关的测试题目,并对题目的答案进行随机排列,学生作答后给予相应的反馈,包含正确答案和与之相关的概念在教材中的页码。最终的研究结果表明,学生完成阅读的在线测试可以提高学期中的分测试和学期末的总结性测试的成绩。与之类似地,Kibble (2007)在大学《医学生理学》课程上证实在课程学习过程中使用了在线测试的学生在总结性考试中表现的更好,在线测试对最终的学期末测试具有良好的预测效度。Angus和Watson (2009)在大学一年级的商业数学课程上的研究表明,让学生每三周定期进行一次在线测试可以促进学生的学业成绩。McDaniel, Wildma和Anderson (2012)在大学的网络课程上,使用多项选择题和简答题的形式对课程的核心概念进行无人监督的在线测试,结果表明这一方式比重复阅读的方法更能够提高正式考试的成绩,无论正式考试中的题目与先前在线测试中的题目相同还是不相同却相关,结果都一样。由于以上应用研究取材于学生真实课程中使

用的教材内容,表明包含提取练习的网络在线测试对于意义材料的学习具有促进效应。

### 3.2.2 促进意义学习评估指标的网络在线测验研究

在意义学习的评估指标上,网络在线测验研究主要从测试形式的迁移上进行了探索。McDaniel, Anderson, Derbish 和 Morrisette (2007) 选取美国新墨西哥州立大学的 35 名大学生,在其《大脑与行为》的网络课程上进行测验来研究提取练习效应,并特别探讨测试形式上的迁移。在这个实验中,结合大学在线心理学课程,测试问题成对出现,并且成对的问题基于相同的事实。例如:“所有神经节前的轴突释放乙酰胆碱”这一事实的陈述会聚焦于以下两个成对出现的问题: 1. 所有神经节前的轴突,无论是交感神经还是副交感神经,都释放作为神经递质的\_\_\_\_。(答案:乙酰胆碱) 2. 所有\_\_\_\_的轴突,无论是交感神经还是副交感神经,都释放作为神经递质的乙酰胆碱。(答案:神经节前)。基于以上描述,这两个问题代表了一个正向和反向的关联( $A \rightarrow B$  对比  $B \rightarrow A$ )。在实验中,成对问题中的一个出现在提取练习条件下的初始学习阶段中,另一个则出现在几周以后的最终测试中。最终测试的成绩表现出了显著的提取练习效应,表明测试加强了学习,即使在最终测试中要求迁移也不例外。

Roediger 等(2011)在其研究的第三个实验中探讨了网络在线测试对于所学材料的促进效应,并检测了初始测试题型与最终测试题型不同时提取练习对于学习的促进效应。参与实验的 132 名社会学课程的学生在课外运用网络进行了自我测试。在学习阶段的初始测试中,被试使用多项选择的形式进行前测。在学习完 5 个章节后的最终测试中,一半内容用多项选择题的形式进行测试,另一半内容则使用简答题的形式进行测试。结果表明,对学习材料进行网络自测在章节考试和学期考试上出现了积极的提取练习效应,即进行网络自测的学生其章节考试和学期考试的成绩显著地高于没有进行网络自测的学生,即使当最终测试的形式转换成简答题也依然如此,表明使用网络在线测试进行学习,其学习结果可以在不同的测试形式上进行迁移。

## 4 提取练习促进意义学习的研究展望

促进学生的意义学习在教育实践中是一个重

要的教学目标。基于此,仅仅聚焦于运用简单材料来研究提取练习对于记忆保持的效应远远不能满足教育实际的需求,也不可能实现“为迁移而教”的教学目标。因此,积极开展提取练习促进意义学习的实验研究和应用研究具有重要的理论价值和现实意义。如前文所述,研究者已经在提取练习促进意义学习的研究方面进行了有益的尝试并积累了一定的研究成果。结合已有研究成果,展望未来,我们认为还需要在以下几个方面进一步丰富研究成果:

第一,在提取练习促进意义学习的评估指标上,已有研究主要通过两条途径开展:一条途径是使用与初始测试不同的问题作为最终测试来考察提取练习对于迁移的效应(Butler, 2010; Chan, 2009; Chan et al., 2006; Hinze & Wiley, 2011; Johnson & Mayer, 2009; Rohrer et al., 2010); 另一条途径是设计评估指标,用以评估学生进行推理、应用知识以及解决新问题的能力,或者说评估学生心智模型的整合性与连贯性。第一条途径主要是依据 Barnett 和 Ceci (2002)提出的情境变化的分类系统进行研究,已经取得了一系列的研究成果。第二条途径的研究还相对较少,需要结合其他的迁移研究范式进一步深入探讨,比如在日常教学实践中运用最多的类比迁移范式,可以用以检验学生应用知识与解决新问题的能力,值得研究者深入研究。

第二,在提取练习促进意义学习的内部机制的研究上,当前的研究没有定论。如上文所述,已有的理论解释各有利弊。精细提取假设对于意义学习的解释虽然更易被研究者接受,但其假设是基于词对研究提出的,没有涉及意义材料(Carpenter, 2009, 2011); 搜索—诊断假设在提取练习策略与精细加工策略的比较中来解释提取练习促进意义学习的内部机制(Karpicke & Blunt, 2011),虽然涉及了意义材料,但并不是来自于意义材料的直接证据,还需要有直接证据予以确认。在机制探讨上,我们认为可以从两个方面进行深入研究:一方面,可以从促进意义学习需要满足的内部条件入手,通过对促进意义学习边界条件的研究来确定其内部机制;另一方面,可以从提取练习促进学习的脑机制层面进行深入探讨,即便脑机制的研究可能最初要从词对研究开始,但如果能从大脑动态活动模式上确定提取练习促

进学习的内部机制,其对于意义学习的解释依然是具有重要参考价值的。

第三,在提取练习促进意义学习的知识类型上,几乎所有的现有研究都是针对于陈述性知识的,研究材料多是概念、短小事实或教育文本,鲜少涉及有关问题解决技能的程序性知识。但是,不可否认的是在教学实际中,尤其是在数学、物理等自然科学的课程中,程序性知识扮演着关键角色。目前,有关提取练习在问题解决技能中的效应研究几乎空白,仅有一篇研究论文探讨了提取练习在程序性知识学习中的效应(van Gog & Kester, 2012),这与针对陈述性知识已经形成的丰富成果形成鲜明对比。因此,为了探明提取练习对于不同类型知识的促进效应,并且厘清其适用条件,应该拓展现有研究,进一步深入考察提取练习对于程序性知识的促进效应。

第四,在提取练习与其他意义学习策略的比较上,当前研究大多以重复学习作为对照组来考察提取练习促进意义学习的优势效应。截至目前为止,仅有一篇文章比较了提取练习与建构概念图策略对于知识保持与迁移的不同效应(Karpicke & Blunt, 2011)。但是,重复学习本身是一种消极的学习方法。在真实的教学情境中,虽然学习者多数会使用这种方法,但是教育者并不倡导此类方法,而是比较推崇像精细加工策略这样的主动学习方法。尽管提取对于学习者来说就是一种主动学习的方法,但远未被学习者认识与应用。因此,提取练习策略想要在现实的教育情境中获得教育者的支持与推广,必须在以后的研究中将提取练习与其他的主动学习策略,例如关键词助记、概述、自我解释等主动学习的策略进行比较,引起学习者的重视。

最后,在以上研究开展的同时,应该继续在真实的教育实践中进行与之相应的应用研究,在取得良好效应的基础上在教育实践中推广提取练习策略,促进学生的意义学习。

## 参考文献

- Agarwal, P. K., Bain, P. M., & Chamberlain, R. W. (2012). The value of applied research: Retrieval practice improves classroom learning and recommendations from a teacher, a principal, and a scientist. *Educational Psychology Review*, 24(3), 437–448.
- Agarwal, P. K., Karpicke, J. D., Kang, S. H. K., Roediger, H. L., & McDermott, K. B. (2008). Examining the testing effect with open- and closed-book tests. *Applied Cognitive Psychology*, 22(7), 861–876.
- Angus, S. D., & Watson, J. (2009). Does regular online testing enhance student learning in the numerical sciences? Robust evidence from a large data set. *British Journal of Educational Technology*, 40(2), 255–272.
- Barnett, S. M., & Ceci, S. J. (2002). When and where do we apply what we learn?: A taxonomy for far transfer. *Psychological Bulletin*, 128(4), 612–637.
- Bjork, R. A., & Bjork, E. L. (1992). A new theory of disuse and an old theory of stimulus fluctuation. In A. Healy, S. Kosslyn, & R. Shiffrin (Eds.), *From learning processes to cognitive processes: Essays in honor of William K. Estes* (Vol. 2, pp. 35–67). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Butler, A. C. (2010). Repeated testing produces superior transfer of learning relative to repeated studying. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 36(5), 1118–1133.
- Butler, A. C., & Roediger III, H. L. (2007). Testing improves long-term retention in a simulated classroom setting. *European Journal of Cognitive Psychology*, 19(4–5), 514–527.
- Carpenter, S. K. (2009). Cue strength as a moderator of the testing effect: The benefits of elaborative retrieval. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 35(6), 1563–1569.
- Carpenter, S. K. (2011). Semantic information activated during retrieval contributes to later retention: Support for the mediator effectiveness hypothesis of the testing effect. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 37(6), 1547–1552.
- Carpenter, S. K. (2012). Testing enhances the transfer of learning. *Current Directions in Psychological Science*, 21(5), 279–283.
- Carpenter, S. K., & Delosh, E. L. (2005). Application of the testing and spacing effects to name learning. *Applied Cognitive Psychology*, 19(5), 619–636.
- Carpenter, S. K., & Delosh, E. L. (2006). Impoverished cue support enhances subsequent retention: Support for the elaborative retrieval explanation of the testing effect. *Memory & Cognition*, 34(2), 268–276.
- Carpenter, S. K., & Kelly, J. W. (2012). Tests enhance retention and transfer of spatial learning. *Psychonomic Bulletin & Review*, 19(3), 443–448.
- Carpenter, S. K., Pashler, H., & Cepeda, N. J. (2009). Using tests to enhance 8th grade students' retention of U.S. history facts. *Applied Cognitive Psychology*, 23(6), 760–771.
- Carpenter, S. K., Pashler, H., & Vul, E. (2006). What types of learning are enhanced by a cued recall test? *Psychonomic Bulletin & Review*, 13(5), 826–830.
- Carpenter, S. K., Pashler, H., Wixted, J. T., & Vul, E. (2008). The effects of tests on learning and forgetting. *Memory & Cognition*, 36(2), 438–448.
- Chan, J. C. K. (2009). When does retrieval induce forgetting and when does it induce facilitation? Implications for retrieval inhibition, testing effect, and text processing.

- Journal of Memory and Language*, 61(2), 153–170.
- Chan, J. C. K. (2010). Long-term effects of testing on the recall of nontested materials. *Memory*, 18(1), 49–57.
- Chan, J. C. K., McDermott, K. B., & Roediger III, H. L. (2006). Retrieval-induced facilitation: Initially nontested material can benefit from prior testing of related material. *Journal of Experimental Psychology: General*, 135(4), 553–571.
- Coppens, L. C., Verhoeijen, P. P. J. L., & Rikers, R. M. J. P. (2011). Learning Adinkra symbols: The effect of testing. *Journal of Cognitive Psychology*, 23(3), 351–357.
- Halamish, V., & Bjork, R. A. (2011). When does testing enhance retention? A distribution-based interpretation of retrieval as a memory modifier. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 37(4), 801–812.
- Hinze, S. R., & Wiley, J. (2011). Testing the limits of testing effects using completion tests. *Memory*, 19(3), 290–304.
- Jacoby, L. L., Wahlheim, C. N., & Coane, J. H. (2010). Test-enhanced learning of natural concepts: Effects on recognition memory, classification, and metacognition. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 36(6), 1441–1451.
- Johnson, C. I., & Mayer, R. E. (2009). A testing effect with multimedia learning. *Journal of Educational Psychology*, 101(3), 621–629.
- Johnson, B. C., & Kiviniemi, M. T. (2009). The effect of online chapter quizzes on exam performance in an undergraduate social psychology course. *Teaching of Psychology*, 36(1), 33–37.
- Kang, S. H. K. (2010). Enhancing visuospatial learning: The benefit of retrieval practice. *Memory & Cognition*, 38(8), 1009–1017.
- Kang, S. H. K., McDaniel, M. A., & Pashler, H. (2011). Effects of testing on learning of functions. *Psychonomic Bulletin & Review*, 18(5), 998–1005.
- Kang, S. H. K., McDermott, K. B., & Roediger III, H. L. (2007). Test format and corrective feedback modify the effect of testing on long-term retention. *European Journal of Cognitive Psychology*, 19(4–5), 528–558.
- Karpicke, J. D. (2012). Retrieval-based learning: Active retrieval promotes meaningful learning. *Current Directions in Psychological Science*, 21(3), 157–163.
- Karpicke, J. D., & Blunt, J. R. (2011). Retrieval practice produces more learning than elaborative studying with concept mapping. *Science*, 331(6018), 772–775.
- Karpicke, J. D., & Grimaldi, P. J. (2012). Retrieval-based learning: A perspective for enhancing meaningful learning. *Educational Psychology Review*, 24(3), 401–418.
- Karpicke, J. D., & Roediger, H. L. (2008). The critical importance of retrieval for learning. *Science*, 319(5865), 966–968.
- Karpicke, J. D., & Roediger, H. L. (2010). Is expanding retrieval a superior method for learning text materials? *Memory & Cognition*, 38(1), 116–124.
- Karpicke, J. D., & Smith, M. A. (2012). Separate mnemonic effects of retrieval practice and elaborative encoding. *Journal of Memory and Language*, 67(1), 17–29.
- Karpicke, J. D., & Zaromb, F. M. (2010). Retrieval mode distinguishes the testing effect from the generation effect. *Journal of Memory and Language*, 62(3), 227–239.
- Kibble, J. (2007). Use of unsupervised online quizzes as formative assessment in a medical physiology course: Effects of incentives on student participation and performance. *Advances in Physiology Education*, 31(3), 253–260.
- Kornell, N., Bjork, R. A., & Garcia, M. A. (2011). Why tests appear to prevent forgetting: A distribution-based bifurcation model. *Journal of Memory and Language*, 65(2), 85–97.
- Kornell, N., Hays, M. J., & Bjork, R. A. (2009). Unsuccessful retrieval attempts enhance subsequent learning. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 35(4), 989–998.
- Leeming, F. C. (2002). The exam-a-day procedure improves performance in psychology classes. *Teaching of Psychology*, 29(3), 210–212.
- Lyle, K. B., & Crawford, N. A. (2011). Retrieving essential material at the end of lectures improves performance on statistics exams. *Teaching of Psychology*, 38(2), 94–97.
- Mayer, R. E. (2007). *Learning and instruction* (2nd ed.). Upper Saddle River, NJ: Pearson.
- McDaniel, M. A., Agarwal, P. K., Huelser, B. J., McDermott, K. B., & Roediger III, H. L. (2011). Test-enhanced learning in a middle school science classroom: The effects of quiz frequency and placement. *Journal of Educational Psychology*, 103(2), 399–414.
- McDaniel, M. A., Anderson, J. L., Derbish, M. H., & Morrisette, N. (2007). Testing the testing effect in the classroom. *European Journal of Cognitive Psychology*, 19(4–5), 494–513.
- McDaniel, M. A., & Fisher, R. P. (1991). Tests and test feedback as learning sources. *Contemporary Educational Psychology*, 16(2), 192–201.
- McDaniel, M. A., Howard, D. C., & Einstein, G. O. (2009). The read-recite-review study strategy: Effective and portable. *Psychological Science*, 20(4), 516–522.
- McDaniel, M. A., & Masson, M. E. (1985). Altering memory representations through retrieval. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 11(2), 371–385.
- McDaniel, M. A., Roediger, H. L., & McDermott, K. B. (2007). Generalizing test-enhanced learning from the laboratory to the classroom. *Psychonomic Bulletin & Review*, 14(2), 200–206.
- McDaniel, M. A., Thomas, R. C., Agarwal, P. K., McDermott, K. B., & Roediger, H. L. (2013). Quizzing in middle-school science: Successful transfer performance on classroom exams. *Applied Cognitive Psychology*, 27(3), 360–372.
- McDaniel, M. A., Wildman, K. M., & Anderson, J. L. (2012). Using quizzes to enhance summative-assessment performance in a web-based class: An experimental study. *Journal of Applied Research in Memory and Cognition*, 1(1), 18–26.

- Nairne, J. S. (2006). Modeling distinctiveness: Implications for general memory theory. In R. R. Hunt & J. Worthen (Eds.), *Distinctiveness and memory* (pp. 27–46). New York: Oxford University Press.
- Narloch, R., Garbin, C. P., & Turnage, K. D. (2006). Benefits of prelecture quizzes. *Teaching of Psychology*, 33(2), 109–112.
- Palmere, M., Benton, S. L., Glover, J. A., & Ronning, R. R. (1983). Elaboration and recall of main ideas in prose. *Journal of Educational Psychology*, 75(6), 898–907.
- Pressley, M., McDaniel, M. A., Turnure, J. E., Wood, E., & Ahmad, M. (1987). Generation and precision of elaboration: Effects on intentional and incidental learning. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 13(2), 291–300.
- Pyc, M. A., & Rawson, K. A. (2009). Testing the retrieval effort hypothesis: Does greater difficulty correctly recalling information lead to higher levels of memory? *Journal of Memory and Language*, 60(4), 437–447.
- Pyc, M. A., & Rawson, K. A. (2010). Why testing improves memory: Mediator effectiveness hypothesis. *Science*, 330(6002), 335.
- Rawson, K. A., & Dunlosky, J. (2011). Optimizing schedules of retrieval practice for durable and efficient learning: How much is enough? *Journal of Experimental Psychology: General*, 140(3), 283–302.
- Reder, L. M. (1979). The role of elaborations in memory for prose. *Cognitive Psychology*, 11(2), 221–234.
- Richland, L. E., Kornell, N., & Kao, L. S. (2009). The pretesting effect: Do unsuccessful retrieval attempts enhance learning? *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 15(3), 243–257.
- Roediger III, H. L., Agarwal, P. K., McDaniel, M. A., & McDermott, K. B. (2011). Test-enhanced learning in the classroom: Long-term improvements from quizzing. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 17(4), 382–395.
- Roediger III, H. L., & Butler, A. C. (2011). The critical role of retrieval practice in long-term retention. *Trends in Cognitive Sciences*, 15(1), 20–27.
- Roediger III, H. L., & Karpicke, J. D. (2006a). Test-enhanced learning: Taking memory tests improves long-term retention. *Psychological Science*, 17(3), 249–255.
- Roediger III, H. L., & Karpicke, J. D. (2006b). The power of testing memory: Basic research and implications for educational practice. *Perspectives on Psychological Science*, 1(3), 181–210.
- Rohrer, D., Taylor, K., & Sholar, B. (2010). Tests enhance the transfer of learning. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 36(1), 233–239.
- Surprenant, A. M., & Neath, I. (2009). *Principles of memory*. New York: Psychology press.
- Toppino, T. C., & Cohen, M. S. (2009). The testing effect and the retention interval. *Experimental Psychology (formerly Zeitschrift für Experimentelle Psychologie)*, 56(4), 252–257.
- van Gog, T., & Kester, L. (2012). A test of the testing effect: Acquiring problem-solving skills from worked examples. *Cognitive Science*, 36(8), 1532–1541.

## Promoting Meaningful Learning through Retrieval Practice: Experimental Evidences and Pedagogical Application

MA Xiaofeng; ZHOU Aibao; CUI Dan; ZHANG Ronghua

(School of Psychology, Northwest Normal University, Lanzhou 730070, China)

**Abstract:** The enhancing effect of retrieval practice on memory retention gained great attention and recognition of researchers in the last decade. To take a step further, researchers have begun to shift their research focus from the impact of retrieval practice on memory retention to its impact on meaningful learning, which is of greater value for teaching practice. This paper firstly makes a review of the supporting evidences from experiments for the enhancing effect of retrieval practice on meaningful learning. The review is centered on three themes: retrieval practice promoting meaningful learning; the advantages of retrieval practice as an evaluation indicator for meaningful learning; the comparison between retrieval practice and other ways of meaningful learning. It then gives an introduction to and contrast between two theoretical hypotheses accounting for the positive impact of retrieval practice on meaningful learning. Next, it makes a summary and analysis of the empirical researches in real classroom on the promoting effect of retrieval practice on meaningful learning. Lastly, it concludes that retrieval practice has more advantages in promoting meaningful learning over repetitive learning and elaborative learning, and that it is worth of and feasible for wide-spread application in educational practice. However, previous studies are subject to the following shortcomings: the evaluation indicator system for meaningful learning adopted in the studies is still singular; the types of knowledge involved in the studies are limited; the other meaningful learning methods chosen to be compared with retrieval practice are not diverse; the theoretical explanations for the internal mechanism of retrieval practice are still of dispute. Therefore, further studies need to be conducted to address the above-mentioned issues.

**Key words:** retrieval practice; meaningful learning; meaningful material; transfer