

提取引起的遗忘的认知机制*

赵丽波 张悦 于祎雯 邓丽芳

(北京航空航天大学心理系, 北京 100191)

摘要 提取引起的遗忘(RIF)指提取某个信息导致对其它相关信息的遗忘, 揭示其内在机制是记忆和遗忘领域的一个重要的研究课题。近 20 年来, 各路研究者分别从干扰理论、抑制理论或情境依赖说出发, 试图找到引发 RIF 的唯一的认知机制。基于对有关 RIF 的认知机制的实证研究的系统分析, 可以发现三个理论均有一定的支持证据, 因此导致 RIF 的原因可能包括抑制、干扰和情境的改变等三个方面。今后该领域可结合多种技术手段对这一多元论观点进行直接的检验。

关键词 提取引起的遗忘; 干扰; 竞争; 抑制; 情境

分类号 B842

有关记忆和遗忘的认知机制的研究能够帮助我们提高记忆效果, 治疗由疾病及脑损伤所引起的记忆问题, 因而是人类认知研究的一个重要课题。提取引起的遗忘(retrieval-induced forgetting, RIF)是记忆和遗忘领域的一个研究热点, 它指的是提取某个信息导致与之相关的其它信息的遗忘(Anderson, Bjork, & Bjork, 1994)。例如, 个体在对话中先产出了“apple”这个单词, 导致在后面的对话中难以提取出同类别的其它词汇, 比如“banana”。因此, RIF 揭示的不是随时间流逝所引起的记忆痕迹的消退, 而是由记忆提取的加工过程所导致的遗忘。已有大量研究证实 RIF 现象非常稳定, 在各种材料(比如单词、句子、图形、运动序列)以及从儿童到老年的各个年龄段均被发现(Anderson, 2003)。关于导致 RIF 的认知机制的理论假说主要有干扰理论(interference account)和抑制理论(inhibition account), 已有的实证研究基本上是围绕这两个理论的争论展开的。另外, 最近又有研究者提出了情境依赖假说(context-dependent account), 对 RIF 的产生机制提出了新的解释。基于对近 20 年来有关 RIF 的认知机制的实证研究的综述, 我们发现三种理论均得到了一

定证据的支持, 据此提出多元论的观点: 导致 RIF 的原因可能是多方面的, 即可能包括抑制、干扰和情境的改变等三个方面。需要指出的是, 目前已有研究者意识到导致 RIF 的原因可能并不唯一(Jonker, Seli, & MacLeod, 2015), 但是迄今为止该领域的所有实证研究均从单个理论立场出发, 采用排他的实验设计, 还没有研究考察两个或者两个以上的因素是否会共同起作用、以及交互作用的机制。本文围绕这一多元论观点, 对有关 RIF 的认知机制的实证研究进行述评, 并对该领域今后可能的研究方向进行了展望。

本文包括 4 个部分, 第一部分介绍 RIF 领域的基本的实验范式; 第二部分对干扰理论、抑制理论和情境依赖说等理论分别进行介绍; 第三部分对实证研究的系统的综述, 是文章的主体部分; 最后, 第四部分对已有的研究现状进行了总结, 并对今后可能的研究方向进行了展望。

1 研究范式

RIF 领域的绝大部分研究都采用了提取练习范式(retrieval-practice paradigm, 见图 1)。因此, 为了帮助读者理解下文的内容, 这里对该实验范式进行基本的介绍。提取练习范式包括三个阶段: 学习阶段、提取练习阶段、后测阶段。在学习阶段, 通常情况下被试要学习一系列类别-个例配对(比如, Fruit-Apple, Animal-Cow, Fruit-Pear,

收稿日期: 2017-12-27

* 北京市社会科学基金青年项目(15JYC034)资助。

通讯作者: 邓丽芳, E-mail: lifangdeng@buaa.edu.cn

Animal-Sheep)。在提取练习阶段, 被试接受基于线索的回忆任务, 比如: Fruit-Pe____。需要特别指出的是该阶段只对学习阶段所学的 1/4 的配对进行提取练习, 即只涉及已学类别的 1/2 及这些类别中 1/2 的配对。后测通常在 20 分钟之后进行, 对学习阶段学过的所有的配对进行测验。

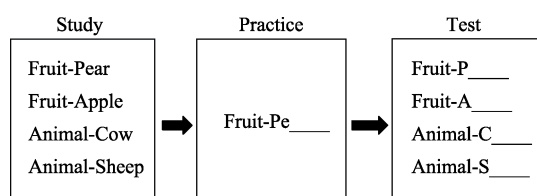


图 1 提取练习范式流程图

这一范式区分了三种项目: 提取练习类别中的练习项目(以 Rp+标记, 比如“Pear”), 提取练习类别中的未练习项目(以 Rp-标记, 比如“Apple”), 未练习类别中的项目(以 NRp 标记, 比如“Cow”、“Sheep”)。第三种项目被作为基线。图 2 示意了这类实验中后测的结果模式: 练习类别中的未练习项目(Rp-)的成绩显著低于基线项目(NRp), 两者的差值即代表提取导致的遗忘效应; 练习过的项目(Rp+)成绩显著高于基线项目(NRp), 表明提取练习对记忆有促进作用。

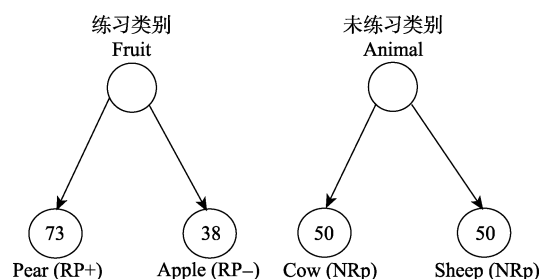


图 2 提取练习范式中观察到的典型结果

2 理论解释(Theoretical Accounts)

2.1 干扰理论(The Interference Account)

干扰理论是记忆和遗忘领域里一组影响深远的观点(Mensink & Raaijmakers, 1988; Raaijmakers & Shiffrin, 1981), 其核心观点之一是遗忘并非源于记忆痕迹不存在或者模糊, 而是由于多个记忆痕迹之间相互干扰而导致的提取失败。具体地说, 当一个提取线索和多个记忆痕迹之间有联结时, 该线索会同时激活这些记忆痕迹, 而这些同时激

活的记忆竞相控制有限的反应通道, 从而对目标项目的提取造成阻碍。干扰理论将竞争项目之间的干扰总结成比率规则(ratio rule), 即成功回忆出某一目标项目的概率取决于线索与该项目间的联结强度和该线索与其它所有竞争项目之间的联结强度的比值(Verde, 2012)。干扰理论对记忆领域里的前摄干扰、后摄干扰以及线索负荷等现象都做出了成功的解释, 自上个世纪 70 年代以来一直在记忆和遗忘的认知理论中占据主导地位(Surprenant & Neath, 2009)。

对于 RIF, 干扰理论认为是在后测阶段已练习项目(Rp+)与未练习项目(Rp-)的竞争(competition)导致了对其遗忘(见图 3)。具体地说, 当提取练习加强了 Rp+项目和线索之间的联结之后, 根据比率规则, Rp-项目与线索间联结的相对强度就变低了。当被试需要回忆 Rp-项目时, 已经增强的线索与 Rp+项目间的联结使得这些项目更快地达到提取阈限, 夺取容量有限的反应通道, 这种 Rp+项目的快速入侵最终会使被试放弃搜寻 Rp-项目。因此, 干扰理论所说的竞争是赛马(horse race)式的, 竞争者之间并不相互抑制(Raaijmakers & Jakab, 2013)。

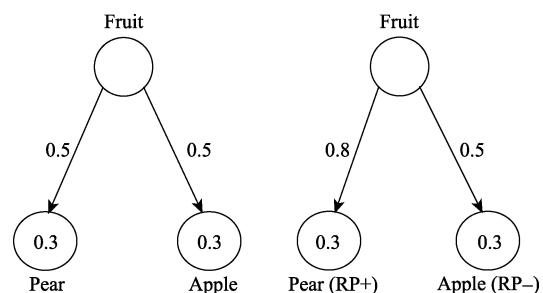


图 3 干扰理论图解。左边为基线状态, 右边为干扰理论预测提取练习所引起的变化。

2.2 抑制理论(The Inhibition Account)

抑制理论由 RIF 的发现者 Anderson 及其同事提出(Anderson et al., 1994; Anderson, 2003; Anderson & Spellman, 1995)。与干扰理论不同, 抑制理论认为 RIF 不是后测阶段赛马式的竞争的产物, 而是由提取练习阶段参与竞争的 Rp-项目被抑制控制过程压制所导致的。具体地说, 在提取练习阶段, 由于一个类别线索和多个项目联结, 类别线索会同时激活目标项目和非目标项目, 抑制控制加工被积极调用, 以抑制非目标项目使其

不达到反应阈限。因此,在之后的记忆测试中,被抑制的项目变得不易被提取(见图4)。抑制理论包含两个要点:第一,被抑制的是未练习的项目(Rp-)本身,而非类别线索与未练习项目之间的联结;第二,抑制源于提取冲突,只有当Rp-项目与Rp+项目竞相控制反应的时候,才会被抑制。从某种程度上说,抑制理论用外部的一般执行控制系统的卷入来解释RIF,打破了干扰理论完全从记忆结构内部来解释遗忘的传统。

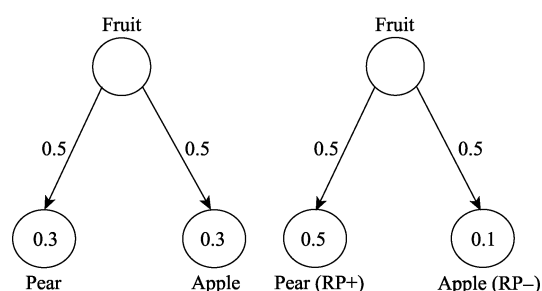


图4 抑制理论图解。左边为基线状态,右边为抑制理论预测提取练习所引起的变化。

2.3 情境依赖说(Context-Specific Account)

最近有研究者提出了情境依赖说来解释RIF现象(Jonker, Seli, & MacLeod, 2013)。该理论建立在情境依赖性记忆的理论 and 实证研究(for a review, see Smith & Manzano, 2010)的基础上,认为RIF是由后测情境与编码Rp-项目的学习阶段的情境不同所导致的,与抑制或者干扰过程无关。该理论认为,在每个实验阶段对项目的表征都是与该阶段特定的情境的表征联系在一起的,后测时能否提取出某个项目依赖于编码该项目时的情境是否能够被激活。由于控制组项目(NRp)仅在学习阶段呈现过,因此后测时该类项目的呈现自然会激活学习情境,这对其提取是有利的。练习过的类别在学习情境、提取练习情境下均出现过,但后者在时间上更为接近,因此往往更容易被激活。而Rp-没有提取练习情境中出现过,因此重现这一情境对其提取没有帮助。这样一来,Rp-项目和NRp项目相比回忆的概率就更低,体现为遗忘。Jonker等(2013)总结出情境依赖说的两个要点:第一,学习阶段和提取练习阶段的情境不同;第二,在后测时,提取练习的情境,而非学习情境被重新激活。

3 关于提取导致的遗忘的实证研究

本部分介绍从1994年至今的有关RIF的认知机制的研究,并在此基础上论证抑制理论、干扰理论和情境依赖说均有合理性的观点。目前,绝大部分行为水平的实证研究围绕抑制说和干扰说之间的争论,从提取特异性、竞争项目的强度和线索独立性等三个方面展开(Anderson, 2003);同时,情境依赖说也获得了少量的直接证据,并且对已有的三方面的研究发现提出了一些新的解释。此外,近年来出现了一些神经水平的研究,这些研究通过观测在提取练习阶段与抑制控制过程有关的大脑皮层的活动情况,为抑制理论提供了更为直接的证据,也为今后考察干扰理论和情境依赖说提供了借鉴。

3.1 提取特异性(Retrieval Specificity)

抑制理论提出只有当Rp-项目(未练习项目)在提取练习中与Rp+项目(练习项目)进行竞争,抑制机制才会被征用。这意味着如果经过反复学习,虽然Rp+项目被增强,但由于没有两类项目之间的竞争,就不会出现Rp-项目的遗忘。与此相反,干扰理论认为遗忘产生于被增强的Rp+项目所带来的干扰的增强。因此,干扰理论预测提取并非是RIF产生的必要条件(Anderson, 2003)。情境依赖理论认为RIF与竞争过程无关,而是由学习阶段到提取练习阶段是否出现情境改变、以及后测时重新激活哪个情境等因素决定的。由下文综述可见,三个方面的证据均存在,提示三个理论均有其合理性。

首先,已有一定数目的研究发现RIF具有提取特异性,支持抑制理论。一些研究操纵了第二个实验阶段的任务类型,发现虽然重复学习也能提高练习项目在后测时的成绩,但是并未导致对Rp-项目的遗忘(Anderson & Bell, 2001; Anderson, Bjork, & Bjork, 2000; Bäuml, 1996, 1997, 2002; Ciranni & Shimamura, 1999; Shivde & Anderson, 2001; Staudigl, Hanslmayr, & Bäuml, 2010)。另有研究进一步揭示出只有当提取任务引起项目之间的竞争时才能够产生遗忘(Anderson et al., 2000)。在该研究中,类别提取,即给出个例要求提取类别名称(f____-orange)时,没有发现对Rp-项目的遗忘。因此,持抑制论观点的研究者们认为提取特异性可以更名为竞争特异性,即只有当Rp-

项目与 RP+项目在中间阶段进行竞争,才会导致对前者的抑制,进而造成后测时对这些项目提取的困难。从这一观点出发,Chan, Erdman 和 Davis (2015)通过操纵学习 RP-项目的时间点,创设了高竞争条件和低竞争条件。在高竞争条件下,RP-在提取练习阶段之前学习,那么在提取练习阶段应该会与 RP+项目进行竞争;而在低竞争条件下,这些项目是在提取练习之后学习,排除了其与 RP+项目进行竞争的可能。结果发现,尽管在两种条件下都观察到了 RP+项目的记忆增强,但 RIF 仅在高竞争条件下出现。Tempel, Aslan 和 Frings (2016)以运动序列为学习材料,采用了相似的方法来操纵竞争,也得到了同样的发现。

然而,与如上发现针锋相对的是,有研究发现在一定条件下非竞争练习任务也能够引发对 RP-项目的遗忘。Raaijmakers 和 Jakab (2012)认为之前所采用的非竞争练习任务过于简单,没有真正起到增强线索-个例之间联结的效果。为了增大非竞争提取练习的难度,该研究采用了特征-物体配对(比如 Round-Button)为实验材料,并且使用了低频项目,结果发现在中间阶段采用重学任务时也观察到了 RIF。Verde (2013)采用了两种新的非竞争任务来替代传统的提取练习任务,以实现更有效的增强 RP+项目的目的。第一个任务要求被试对线索-个例的配对(Fruit-Cherry)的匹配程度进行评定;第二个任务要求被试对线索-个例的配对的喜欢程度进行评定。结果在这两种非竞争练习任务下,均在后测观察到了 RIF。该研究还发现,仅仅在中间阶段学习了新的配对,就导致 RIF。如上结果均提示通过非竞争性任务来增强 RP+项目,可以导致对 RP-项目的遗忘,支持了干扰理论,与抑制理论不符。

另外,有研究者对抑制理论和情境依赖理论进行了对比检验,其结果为情境依赖理论提供了直接的证据,对抑制理论构成了挑战(Jonker et al., 2013)。该研究在实验的中间阶段采用了重学练习任务,并且在学习阶段和中间阶段插入了一个想像任务,让被试想像家里的房子,包括家具、房间等,并画出大致的布局,从而造成前两个阶段之间情境的改变 (Sahakyan & Kelley, 2002)。如前所述,根据情境依赖理论,由于后测时激活了在时间上更为接近的练习情境,因此应该出现对 Rp-项目的遗忘;但根据抑制理论,由于重学练习不

涉及项目之间的竞争,则不会导致 RIF。实验的结果仍然观察到了 RIF,支持了情境依赖说。该研究还使用了经典的学习-提取练习-后测的实验范式,通过播放不同的背景视频操纵了各阶段之间情境的相似度。该实验发现,如果在学习阶段和后测阶段播放相同的视频,而在提取练习阶段播放另一个视频, Rp-项目的遗忘不会出现,提示后测阶段重现哪一个阶段的实验情境是 RIF 出现的根本原因,与中间阶段是否需要抑制无关。Racsmány 和 Keresztes (2015)在学习阶段和提取练习阶段插入了一个测验,该测验的形式和后测相同,并且对所有的项目进行了测试。结果发现无论在提取练习阶段采用选择性提取还是选择性重学,后测阶段都未观察到 Rp-项目的遗忘。研究者认为由于在学习阶段后所加入的测验和后测相同,因此在后测时激活了该测验的情境,进而保证了未被选择性提取/学习的项目同样能够顺利通达。

综上所述,提取特异性方面的研究存在三方面的证据,虽然在数量上前一类研究多于其它两类,但是证据的数量不能够作为孰优孰劣的决定性标准,三方面证据的同时存在提示抑制、干扰和情境的改变可能均为导致 RIF 的原因。另外,提取特异性方面的研究还忽略了一个关键问题,即不同的练习任务可能对练习项目的增强程度不同,要求竞争的提取任务之所以比非竞争任务更容易导致 RIF,可能是由于这类任务能够更有效的增强练习项目,而不是引发对非练习项目的抑制。如果这一假设得到数据的支持,那么干扰理论可以统合前两方面的冲突的证据。与该假设一致,近年来已经有大量研究揭示出测验比简单的重复学习更能够促进记忆(e.g., Karpicke & Roediger, 2007; Karpicke, 2012)。尽管前人研究发现两类练习任务下 RP+项目的后测成绩并不存在显著差异,但是已有的研究只采用了准确率这一测量指标,因此不排除二者在提取速度或者其它神经指标上存在差异。因此,今后的研究需要找到更为有效的测量方法,来比较不同的中间任务提高练习项目强度的相对大小,从而对抑制理论和干扰理论进行更进一步的检验。

3.2 RIF 依赖于竞争项目的强度

根据抑制理论,一个项目越有力的参与提取练习过程中的竞争,它越可能被抑制。因此,抑制理论预测未练习项目本身的强度决定这些项目被

遗忘的程度,其强度越大,对目标项目的竞争越激烈,就越倾向于被抑制,RIF 效应也就越大。相反,干扰理论提出在后测阶段已练习项目的强度决定了它干扰了未练习项目的程度,与未练习项目自身的强度关系不大(Anderson et al., 1994)。然而,尽管有些研究发现 RIF 依赖于竞争项目的强度,但也有相反的结果,抑制理论并未得到一致的支持。在项目强度和 RIF 之间的关系方面,目前还没有情境因素起作用的直接证据,不过情境依赖理论的支持者对一些现象重新进行了解释。

Anderson 等(1994)操纵了项目强度,其中高强度项目采用类别中的典型个例(fruit-orange),低强度项目采用类别中的非典型个例(fruit-raisin),结果发现不论后测采用自由回忆还是有线索的回忆任务,在高频率项目上都观察到了更强的 RIF 效应,支持了抑制理论。Shivde 和 Anderson (2001)采用同音字为实验材料,每个同音字和两个词语配对,其中一个词语与该同音字的主要语义配对(arm-shoulder),另一个与其次要语义配对(arm-missile),也发现了相似的结果。Bäuml (1998)采用输出干扰设计,也发现了与如上研究相同的模式。输出干扰现象指的是前面被回忆出来的项目会干扰随后对其它项目的回忆。在该研究中,被试学习了两种序列,一种由中等强度和高强度项目组成,另一种由弱项目和中等强度项目组成。在测验中,每个项目接受测验的顺序得到了操纵。结果发现,对于前一种序列,如果先回忆中等强度项目然后回忆强项目,会观察到对强项目的遗忘;对于后一种序列,如果先回忆中等强度的项目再回忆弱项目,则弱项目未出现遗忘。Storm, Bjork 和 Bjork (2007)将指令性遗忘与提取引起的遗忘的研究范式结合起来,对该假设进行了考察。在学习阶段之后,被试要求记住或者忘记他们刚刚学过的类别-项目配对。结果发现仅在记住的条件下出现了 RIF。研究者们认为仅在需要记住的条件下才有竞争产生,才有必要征用抑制控制功能来减少竞争,因此才产生 RIF;而在需要忘记的条件下,项目之间的竞争就大大降低,因而也就不需要抑制控制了。

但是,也有一些研究的结果与抑制理论不符。尽管 Williams 和 Zacks (2001)采用与 Anderson 等(1994)相似的材料和任务,并没有发现强项目和弱项目之间在 RIF 上存在显著的差别。Major,

Camp 和 MacLeod (2008)通过操纵学习阶段所使用的任务来操纵项目强度。Major 等人认为,采用产生任务会比简单的阅读导致更强的线索-项目联结,按照抑制理论,会产生更强的 RIF。结果和抑制理论不符,阅读和产生两种条件下的 RIF 效应量是相当的。不过,该研究中缺乏对学习阶段后两种条件下项目强度的测量,因此不排除产生任务并没有比阅读任务更有效的增强了线索-反应联结的可能性 (cf. Jakab & Raaijmakers, 2009)。Jakab 和 Raaijmakers (2009)通过操纵线索-项目学习的次数来操纵竞争项目的强度。结果也与抑制理论不符,强项目和弱项目之间的 RIF 效应没有显著差别。不过,该研究采用了自由回忆的方法,由于没有控制输出顺序,不排除弱项目的遗忘是由于输出干扰所导致的。

在项目强度和 RIF 之间的关系方面,情境依赖说的支持者还没有提供情境因素起作用的直接证据。不过,Jonker 等(2013)类比了一个直接操纵情境改变的研究(Sahakyan & Goodmon, 2010),从情境依赖的角度重新解释了竞争项目强度依赖性的发现。Sahakyan 和 Goodmon (2010)采用了指令性遗忘的实验范式(directed-forgetting paradigm),要求被试学习了两个序列:序列 1 中的词语和一个未呈现的线索之间关联紧密,而序列 2 中的词语和该线索的关联很低。该研究通过“记住”或者“遗忘”的指导语来创设情境的改变,结果发现这样的情境改变只影响到了那些与线索之间关联紧密的项目。基于该研究,Jonker 等(2013)认为强 Rp-项目之所以更容易出现 RIF,可能就是因为这些项目更容易受到情境因素的影响。

综上,有关 RIF 依赖于竞争项目强度的研究结果并不一致,一方面有些研究发现只有强的未练习项目才出现遗忘,支持抑制理论,但另一方面,也有一些研究发现未练习项目的强度与其被遗忘的程度无关,与干扰理论相一致。但是,这里反对抑制理论的证据均属于无效应的发现(null-effect),并且没有进行操纵检验(manipulation check),没有对项目强度进行直接的测量,所以不排除学习阶段的实验操纵没有真正造成项目强度之间差异的可能性。因此,尽管这些研究没有发现 RIF 受到竞争者项目强度的调节,但是由于研究方法上存在漏洞,并不能作为反驳抑制理论的有力证据。另外,目前在竞争项目强度依赖性

方面, 情境依赖理论仅仅提出了事后的(post-doc)解释, 因此还不足以对抑制理论或者干扰理论构成冲击, 今后的研究需要对这些解释进行直接的检验, 进一步考察情境因素在 RIF 中的作用。

3.3 线索独立性(Cue Independence)

由于抑制理论认为 Rp-项目被抑制导致了对它的遗忘, 因此该理论预测 RIF 具有线索独立性, 也就是说即便采用和练习阶段不同的线索进行探测, 仍能观察到遗忘现象。而干扰理论认为 Rp-本身的记忆痕迹并没有受到影响, 遗忘是由于原线索和 Rp+之间的联结被增强而阻碍了 Rp-的提取。因此, 干扰理论预测使用其它线索时不会有遗忘现象。所以如果发现 RIF 具有线索独立性, 则支持抑制理论, 否则支持干扰理论。

线索独立性方面的研究数目最为庞大, 所使用的“线索”种类也很繁多, 包括未练习的类别线索、项目特异性线索和项目特异性测验(比如识别测验、词汇判断任务)等等。与前两部分的研究一样, 线索独立性这部分的研究结果也不一致, 有的研究发现当采用独立性线索时 RIF 仍然存在, 支持抑制理论(Anderson, Green, & McCulloch, 2000; Bajo, Gómez-Ariza, Fernández, & Marful, 2006; Gómez-Ariza, Lechuga, Pelegrin, & Bajo, 2005; Hicks & Starns, 2004; Perfect, Moulin, Conway, & Perry, 2002; Rupperecht & Bäuml, 2016; Spitzer, 2014; Spitzer & Bäuml, 2007, 2009; Veling & van Knippenbeg, 2004); 有的研究则没有得到线索独立性的发现, 与干扰理论一致(Butler, Williams, Zacks, & Marki, 2001; Camp, Pecher, & Schmidt, 2005; Koutstaal, Schacter, Galluccio, & Stofer, 1999; Perfect, Stark, Tree, Moulin, Ahmed, & Hutter, 2004; Racsmány & Conway, 2006; Verde & Perfect, 2011; Veling & van Knippenberg, 2004)。

同时, 也有少量支持情境依赖理论的证据, 并且有研究从情境依赖理论出发, 对一些线索依赖性的发现进行了新的解释。Jonker, Seli 和 MacLeod (2012)从情境依赖说出发, 对 RIF 的线索独立性进行了考察, 并认为其结果只能通过情境依赖说来解释。该研究所采用的类别包含两个子类, 比如 Birds 中有一些属于狩猎类(比如 eagle 属于 Birds of Prey), 有一些属于猎物类(比如 canary, Birds of Pet)。被试被随机分成了三组: 标准组, 单一子类别组和混合子类别组。在提取练

习阶段, 前两组只练习提取了属于单个子类中的所有项目(比如 Birds-eagle); 混合子类别组被试则练习了两个子类别中各一半的项目。对于所有被试, 在该阶段的测验中只呈现类别, 不呈现子类别名称。在后测中, 标准组的被试接受了经典的测验任务, 即在给出类别线索(比如 Birds)的情况下进行自由回忆; 单一子类别组的被试得到了类别和单个子类别(比如 Birds, Prey)作为回忆线索; 混合子类别组的被试得到了类别和两个子类别线索(比如 Birds, Prey, Pet)。结果在标准组和混合子类别组被试身上均观察到了 RIF, 而单一子类别组被试身上则未观察到。如上线索依赖的发现显然与抑制理论不符。Jonker 等(2012)认为该结果可以通过情境依赖说来解释, 在单一子类别组中, 后测呈现子类别线索可以帮助被试重现学习阶段的情境, 因而易化了对 RP-项目的提取; 而对于混合子类别组, 由于两个子类别的项目均在提取练习阶段被练习, 因此后测时呈现子类别线索更容易激活在时间上更为接近的提取练习情境, 因而对 RP-项目的提取不利。Jonker 等(2015)进一步指出干扰理论也无法对如上结果进行合理的解释, 因为该理论强调是练习所引发的类别-个例之间联结的增强导致对 RP-项目的遗忘, 并不能解释为什么在后测时重现学习阶段的情境有助于这些项目的提取。

另外, Jonker 等(2013)用情境依赖说对于采用识别测验的线索独立性方面的不一致结果进行了解释。通过分析, Jonker 等(2013)发现那些观察到了 RIF 的研究基本采用了没有时间限制的识别测验, 而未观察到 RIF 的研究则采用了强调反应速度的快速识别测验。联系前人关于快速识别使得背景信息无法被重现的发现(e.g., Rutherford, 2004), Jonker 等(2013)认为快速识别测验时未观察到 RIF 恰恰为情境依赖说提供了支持。

综上, 这部分研究为抑制理论、干扰说和情境依赖理论均提供了一定的支持证据, 提示抑制、干扰和情境的改变可能均为导致 RIF 的原因。但是, 这部分的研究存在一个重要的问题, 即现有的这些研究所用的线索是否真正具有独立性? 如前分析, 目前这一部分所有的研究都无法排除被试通过某种策略仍然使用原线索的可能性(Raaijmakers & Jacob, 2013; Verde, 2012)。这是由于人的记忆存储是由大量丰富、复杂的联结构成

的(Raaijmakers & Shiffrin, 1981), 在记忆的提取过程中互相联结的信息自动的激活扩散、互为线索, 并不局限于依赖外显提供的线索来通达目标信息这一个通路上。另外, 在学习阶段被试对线索-个例的配对进行编码时, 实验所提供的线索并不一定是被试所使用的唯一线索。因此, 行为实验仅仅操纵是否提供学习阶段的原线索, 无法准确地刻画出被试回忆过程中的线索使用情况。所以在充分考虑记忆存储和提取过程的复杂性和灵活性的基础上, 我们认为现有的有关线索独立性的研究在逻辑上过于简单, 对现有的有关线索独立性的证据应该保持一定的怀疑。

3.4 有关 RIF 的神经水平的研究

已有研究采用脑成像技术, 打开黑窗, 使得直接观测提取引起的遗忘任务的各阶段的神经活动成为了可能。不过这方面的研究还刚刚起步, 目前仅有一些研究考察了与抑制控制有关的神经活动过程在提取练习阶段的卷入情况, 为抑制理论提供了支持证据。一些研究采用事件相关电位(ERPs)和 EEG 记录等技术, 发现提取练习时前额叶的脑电活动能够预测 RIF 的效应量(Hanslmayr, Staudigl, Aslan, & Bäuml, 2010; Johansson, Aslan, Bäuml, Gäbel, & Mecklinger, 2007; Staudigl, Hanslmayr, & Bäuml, 2010)。另有研究采用 fMRI 技术, 揭示从第一次到第三次提取练习, 前扣带皮层(anterior cingulate cortex, ACC)和右半球的腹外侧前额叶(ventrolateral prefrontal cortex, VLPFC)等抑制控制皮层的激活出现显著的下降(Kuhl, Dudukovic, Kahl, & Wagner, 2007)。最近, 有 fMRI 研究巧妙地利用了多体素模式分析(multi-voxel pattern analysis)的方法, 直接观测到提取练习导致 RP-项目的神经表征被抑制, 并且该表征被抑制的程度与前额叶的激活程度以及行为水平的 RIF 的效应量直接相关, 为抑制理论提供了更为有力的支持(Wimber, Alink, Charest, Kriegeskorte, & Anderson, 2015)。

综上, 已有的神经水平的研究集中于揭示与抑制控制有关的神经活动在 RIF 中的作用, 为抑制理论提供了有力的支持。不过, 现有的研究仅仅考察了提取练习阶段的神经过程, 由于没有直接考察后测阶段是否存在 RP+项目的干扰、以及在不同阶段之间情境的改变是否也在起作用, 因此并不能够作为排除干扰理论和情境依赖理论的

证据。采用神经成像技术在神经水平上对干扰理论和情境依赖理论进行直接的检验, 是 RIF 领域今后的一个重要的研究方向。

4 总结与展望

从 RIF 被发现至今 20 多年的时间里, 学习和记忆研究领域一直没有停止对其内部认知机制的探索。如前文所述, 目前抑制理论、干扰理论和情境依赖理论均得到了不同数目的证据的支持, 提示导致 RIF 的原因可能包括抑制、干扰和情境的改变三个方面。

抑制理论与大量的行为水平的研究发现一致, 包括提取特异性、竞争项目强度依赖性以及线索独立性等三个方面的证据。如前所述, 三个方面的行为研究都存在的问题: 1)提取特异性方面的证据可能通过练习项目在有竞争两类提取任务中得到不同程度的加强来解释, 与是否涉及竞争或者抑制过程无关; 2)有一些研究发现 RIF 并不依赖于竞争项目的强度, 与抑制理论不符; 3)因为原线索可能仍然被使用, 有关 RIF 具有线索独立性的证据被打上问号。但是, 神经水平的研究直接测量到在提取练习阶段竞争项目被抑制(Wimber et al., 2015), 并且其受抑制的程度能够预测后测时 RIF 的效应量(e.g., Hanslmayr et al., 2010; Johansson et al., 2007; Staudigl et al., 2010; Wimber et al., 2015)。这些发现与支持抑制理论的各个方面的行为水平的证据相互印证, 使我们进一步确信抑制过程至少是导致 RIF 的原因之一。

虽然数目较少, 干扰理论也得到了如上三个方面的一些证据的支持。需要指出的是, 有关 RIF 与竞争项目强度无关以及 RIF 具有线索依赖性的支持证据不那么有说服力, 前者属于无效应的发现(null-effect), 可能与实验操纵没有成功地创设不同水平的项目强度有关, 而后者由于无法评定线索是否真正具有独立性, 因而其可信度需要打折扣。但是, 有一些研究发现非竞争性的提取任务也能够导致 RIF (Raaijmakers & Jakab, 2012; Verde, 2013), 为干扰理论提供了最为有力的支持。此外, 从逻辑上讲, 既然抑制理论强调提取练习阶段各项目之间存在竞争, 就不应该排斥后测时也存在相似的竞争过程, 而后者正是干扰理论所强调的。当然, 后测时的竞争可能如干扰理论所假设的, 属于赛马式的、没有抑制过程参与; 但

也有可能后测时竞争的存在引发抑制过程的参与,即在提取 RP-项目时,之前阶段被增强的 RP+项目与之竞争,并实时的(in real time)降低后者的激活强度,使其难以达到提取所需的阈限。从这个角度上说,两个理论可以整合起来,对 RP-项目的遗忘既来源于提取练习阶段的竞争所引起的抑制,也来自于后测阶段 RP+项目和 RP-项目之间的竞争和抑制过程。但是,目前整个 RIF 领域对于后测阶段的竞争过程还缺乏直接的、神经水平的观察,填补这一空白将是该领域今后的一个重要的研究方向。

另外,提取练习任务的各个阶段使用不同的任务,就相当于创设了不同的实验情境,而提取练习阶段只呈现了 Rp+项目,这就使得各类材料(Rp+, Rp-, NRp)之间在与之相联系的实验情境上出现了分化,因此可以说提取练习阶段同时操纵了是否进行提取练习以及后测时编码情境是否能够重现这两个因素。已有大量的研究证据表明编码情境是否能够重现影响着记忆提取的效果(for reviews, see Karpicke, Lehman, & Aue, 2014; Smith & Manzano, 2010),因此,从这个角度上说,情境依赖说对 RIF 的解释是有根基的。如前所述,刚刚提出的情境依赖说已经得到了少量数据的支持(e.g., Jonker et al., 2012, 2013; Racsmany & Keresztes, 2015),并且该理论的提出者还对已有发现提供了新的解释,因此可以初步假设情境因素可能也是导致 RIF 的认知机制之一。不过,作为一个新的理论,其有效性和适用范围还有待大量研究来进一步证实。目前该理论对一些 RIF 现象所提出的解释虽然合乎逻辑,但均为事后的(post-hoc),没有建立在直接操纵和测量情境因素的基础上,因此还需实证研究予以直接检验。另一方面,尽管直接操纵了情境因素的研究为 RIF 的情境依赖理论提供了有力的证据,但其实验范式与经典的 RIF 范式差别很大,因此,从这些实验中得到的结论是否能够推广到经典的 RIF 研究中也有待进一步考察(Soares, Polack, & Miller, 2016)。此外,目前已有一些直接操纵了情境因素的研究未重复出 Jonker 等(2013)的实验结果(Buchli, Storm, & Bjork, 2016; Miguez, Mash, Polack, & Miller, 2014; Soares, Polack, & Miller, 2016)。可以预见,对情境依赖理论所提出的假设进行直接的检验、考察该理论适用的边界条件等

课题,将成为今后 RIF 领域的另一个重要的方向。

综上,基于如上的文献综述和论证,我们认为对于 RIF 这样一个复杂的认知现象,其背后的认知机制可能不是唯一的,有可能抑制、干扰和情境因素均在一定条件下起作用,并且可能存在交互作用。因此,现有的行为水平的研究将思路局限在找到唯一一个认知机制上,很可能阻碍了我们真正认清 RIF 背后认知机制的复杂性。计算机模拟技术能够同时对多个变量进行有效的操纵(McLeod, Plunkett, & Rolls, 1998),因此可采用建模的方法将抑制、干扰和情境因素等多个加工过程纳入同一系统中,以期系统地揭示每个变量在 RIF 中的作用以及各变量之间的联合作用。最近 10 年左右的时间里,脑成像技术进一步发展,如多体素模式分析等数据分析方法的出现使得神经水平的数据可以更好的与行为数据以及计算机模型中的认知加工过程对应起来(Kriegeskorte & Kievit, 2013; Kriegeskorte, Mur, & Bandettini, 2008),为揭开 RIF 的认知机制的谜团提供了更好的技术条件。今后的研究需要打开思路,结合脑成像和计算机模拟等多种技术手段,通过整合行为水平、认知水平和神经水平的证据,实现对 RIF 本质的更为准确和清晰的认识(Mack, Preston, & Love, 2013; Marr, 1982)。

参考文献

- Anderson, M. C. (2003). Rethinking interference theory: Executive control and the mechanisms of forgetting. *Journal of Memory and Language*, 49, 415-445.
- Anderson, M. C., & Bell, T. (2001). Forgetting our facts: The role of inhibitory processes in the loss of propositional knowledge. *Journal of Experimental Psychology: General*, 130, 544-570.
- Anderson, M. C., Bjork, R. A., & Bjork, E. L. (1994). Remembering can cause forgetting: Retrieval dynamics in long-term memory. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 20, 1063-1087.
- Anderson, M. C., Bjork, E. L., & Bjork, R. A. (2000). Retrieval-induced forgetting: Evidence for a recall-specific mechanism. *Psychonomic Bulletin & Review*, 7, 522-530.
- Anderson, M. C., Green, C., & McCulloch, K. C. (2000). Similarity and inhibition in long-term memory: Evidence for a two-factor theory. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 26, 1141-1159.

- Anderson, M. C., & Spellman, B. A. (1995). On the status of inhibitory mechanisms in cognition: Memory retrieval as a model case. *Psychological Review*, 102, 68–100.
- Bajo, M. T., Gómez-Ariza, C. J., Fernández, A., & Marful, A. (2006). Retrieval-induced forgetting in perceptually driven memory tasks. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 35, 1185–1194.
- Bäuml, K.-H. (1996). Revisiting an old issue: Retroactive interference as a function of the degree of original and interpolated learning. *Psychonomic Bulletin & Review*, 3, 380–384.
- Bäuml, K.-H. (1997). The list-strength effect: Strength-dependent competition or suppression? *Psychonomic Bulletin & Review*, 4, 260–264.
- Bäuml, K.-H. (1998). Strong items get suppressed, weak items do not: The role of item strength in output interference. *Psychonomic Bulletin & Review*, 5, 459–463.
- Bäuml, K.-H. (2002). Semantic generation can cause episodic forgetting. *Psychological Science*, 13, 356–360.
- Buchli, D. R., Storm, B. C., & Bjork, R. A. (2016). Explaining retrieval-induced forgetting: A change in mental context between the study and restudy practice phases is not sufficient to cause forgetting. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 69, 1197–1209.
- Butler, K. M., Williams, C. C., Zacks, R. T., & Maki, R. H. (2001). A limit on retrieval-induced forgetting. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 27, 1314–1319.
- Camp, G., Pecher, D., & Schmidt, H. G. (2005). Retrieval-induced forgetting in implicit memory tests: The role of test awareness. *Psychonomic Bulletin & Review*, 12, 490–494.
- Chan, J. C. K., Erdman, M. R., & Davis, S. D. (2015). Retrieval induces forgetting, but only when nontested items compete for retrieval: Implication for interference, inhibition, and context reinstatement. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 41, 1298–1315.
- Ciranni, M. A., & Shimamura, A. P. (1999). Retrieval-induced forgetting in episodic memory. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 25, 1403–1414.
- Gómez-Ariza, C. J., Lechuga, M. T., Pelegrina, S., & Bajo, M. T. (2005). Retrieval-induced forgetting in recall and recognition of thematically related and unrelated sentences. *Memory & Cognition*, 33, 1431–1441.
- Hanslmayr, S., Staudigl, T., Aslan, A., & Bäuml, K.-H. (2010). Theta oscillations predict the detrimental effects of memory retrieval. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, 10, 329–338.
- Hicks, J. L., & Starns, J. J. (2004). Retrieval-induced forgetting occurs in tests of item recognition. *Psychonomic Bulletin & Review*, 11, 125–130.
- Jakab, E., & Raaijmakers, J. G. W. (2009). The role of item strength in retrieval-induced forgetting. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 35, 607–617.
- Johansson, M., Aslan, A., Bäuml, K.-H., Gäbel, A., & Mecklinger, A. (2007). When remembering causes forgetting: Electrophysiological correlates of retrieval-induced forgetting. *Cerebral Cortex*, 17, 1335–1341.
- Jonker, T. R., Seli, P., & MacLeod, C. M. (2012). Less we forget: Retrieval cues and release from retrieval-induced forgetting. *Memory & Cognition*, 40, 1236–1245.
- Jonker, T. R., Seli, P., & Macleod C. M. (2013). Putting retrieval-induced forgetting in context: An inhibition-free, context-based account. *Psychological Review*, 120, 852–872.
- Jonker, T. R., Seli, P., & MacLeod, C. M. (2015). Retrieval-induced forgetting and context. *Current Directions in Psychological Science*, 24, 273–278.
- Karpicke, J. D. (2012). Retrieval-based learning: Active retrieval promotes meaningful learning. *Current Directions in Psychological Science*, 21, 157–163.
- Karpicke, J. D., Lehman, M., & Aue, W. R. (2014). “Retrieval-based learning: An episodic context account. *Psychology of Learning and Motivation*, 61, 237–284.
- Karpicke, J. D., & Roediger III, H. L. (2007). Repeated retrieval during learning is the key to long-term retention. *Journal of Memory and Language*, 57, 151–162.
- Koutstaal, W., Schacter, D. L., Johnson, M. K., & Galluccio, L. (1999). Facilitation and impairment of event memory produced by photograph review. *Memory & Cognition*, 27, 478–493.
- Kriegeskorte, N., & Kievit, R. A. (2013). Representational geometry: Integrating cognition, computation, and the brain. *Trends in Cognitive Sciences*, 17, 401–412.
- Kriegeskorte, N., Mur, M., & Bandettini, P. (2008). Representational similarity analysis—connecting the branches of systems neuroscience. *Frontiers in Systems Neuroscience*, 2, 4.
- Kuhl, B. A., Dudukovic, N. M., Kahn, I., & Wagner, A. D. (2007). Decreased demands on cognitive control reveal the neural processing benefits of forgetting. *Nature Neuroscience*, 10, 908–914.
- Mack, M. L., Preston, A. R., & Love, B. C. (2013). Decoding the brain’s algorithm for categorization from its neural implementation. *Current Biology*, 23, 2023–2027.
- Major, J. C., Camp, G., & MacLeod, C. M. (2008). Encoding strength does not modulate retrieval-induced forgetting:

- Evidence inconsistent with an inhibition account. (in press)
- Marr, D. (1982). *Vision: A computational investigation into the human representation and processing of visual information*. San Francisco: Freeman.
- McLeod, P., Plunkett, K., & Rolls, E. T. (1998). *Introduction to connectionist modelling of cognitive processes*. London: Oxford University Press.
- Mensink, G. J., & Raaijmakers, J. G. W. (1988). A model for interference and forgetting. *Psychological Review*, 95, 434–455.
- Miguez, G., Mash, L. E., Polack, C. W., & Miller, R. R. (2014). Failure to observe renewal following retrieval-induced forgetting. *Behavioural Processes*, 103, 43–51.
- Perfect, T. J., Moulin, C. J. A., Conway, M. A., & Perry, E. (2002). Assessing the inhibitory account of retrieval-induced forgetting with implicit-memory tests. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 28, 1111–1119.
- Perfect, T. J., Stark, L.-J., Tree, J. J., Moulin, C. J. A., Ahmed, L., & Hutter, R. (2004). Transfer appropriate forgetting: The cue-dependent nature of retrieval-induced forgetting. *Journal of Memory and Language*, 51, 399–417.
- Raaijmakers, J. G. W., & Jakab, E. (2012). Retrieval-induced forgetting without competition: Testing the retrieval specificity assumption of the inhibition theory. *Memory & Cognition*, 40, 19–27.
- Raaijmakers, J. G. W., & Jakab, E. (2013). Rethinking inhibition theory: On the problematic status of the inhibition theory for forgetting. *Journal of Memory and Language*, 68, 98–122.
- Raaijmakers, J. G. W., & Shiffrin, R. M. (1981). Search of associative memory. *Psychological Review*, 88, 93–134.
- Racsmány, M., & Conway, M. A. (2006). Episodic inhibition. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 32, 44–57.
- Racsmány, M., & Keresztes, A. (2015). Initial retrieval shields against retrieval-induced forgetting. *Frontiers in Psychology*, 6, 657.
- Rupprecht, J., & Bäuml, K.-H. (2016). Retrieval-induced forgetting in item recognition: Retrieval specificity revisited. *Journal of Memory and Language*, 86, 97–118.
- Rutherford, A. (2004). Environmental context-dependent recognition memory effects: An examination of ICE model and cue-overload hypotheses. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 57A, 107–127.
- Sahakyan, L., & Goodmon, L. B. (2010). Theoretical implications of extralist probes for directed forgetting. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 36, 920–937.
- Sahakyan, L., & Kelly, C. M. (2002). A contextual change account of the directed forgetting effect. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 28, 1064–1072.
- Shivde, G., & Anderson, M. C. (2001). The role of inhibition in meaning selection: Insights from retrieval-induced forgetting. In: D. Gorfein (Eds.), *On the consequences of meaning selection: Perspectives on resolving lexical ambiguity* (pp. 175–190). Washington, D. C.: American Psychological Association.
- Smith, S. M., & Manzano, I. (2010). Video context-dependent recall. *Behavior Research Methods*, 42, 292–301.
- Soares, J. S., Polack, C. W., & Miller, R. R. (2016). Retrieval-induced versus context-induced forgetting: Does retrieval-induced forgetting depend on context shifts? *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 42, 366–378.
- Spitzer, B. (2014). Finding retrieval-induced forgetting in recognition tests: A case for baseline memory strength. *Frontiers in Psychology*, 5, 1102.
- Spitzer, B., & Bäuml, K.-H. (2007). Retrieval-induced forgetting in item recognition: Evidence for a reduction in general memory strength. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 33, 863–875.
- Spitzer, B., & Bäuml, K.-H. (2009). Retrieval-induced forgetting in a category recognition task. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 35, 286–291.
- Staudigl, T., Hanslmayr, S., & Bäuml, K.-H. (2010). Theta oscillations reflect the dynamics of interference in episodic memory retrieval. *Journal of Neuroscience*, 30, 11356–11362.
- Storm, B. C., Bjork, E. L., & Bjork, R. A. (2007). When intended remembering leads to unintended forgetting. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 60, 909–915.
- Surprenant, A. M., & Neath, I. (2009). *Principles of memory*. New York: Psychology Press.
- Tempel, T., Aslan, A., & Frings, C. (2016). Competition dependence of retrieval-induced forgetting in motor memory. *Memory & Cognition*, 44, 671–680.
- Veling, H., & van Knippenberg, A. (2004). Remembering can cause inhibition: Retrieval-induced inhibition as cue independent process. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 30, 315–318.
- Verde, M. F. (2012). Retrieval-induced forgetting and inhibition: A critical review. *Psychology of Learning and Motivation*, 56, 47–80.

- Verde, M. F. (2013). Retrieval-induced forgetting in recall: Competitor interference revisited. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 39, 1433–1448.
- Verde, M. F., & Perfect, T. J. (2011). Retrieval-induced forgetting in recognition is absent under time pressure. *Psychonomic Bulletin & Review*, 18, 1166–1171.
- Williams, C. C., & Zacks, R. T. (2001). Is retrieval-induced forgetting an inhibitory process? *American Journal of Psychology*, 114, 329–354.
- Wimber, M., Alink, A., Charest, I., Kriegeskorte, N., & Anderson, M. C. (2015). Retrieval induces adaptive forgetting of competing memories via cortical pattern suppression. *Nature Neuroscience*, 18, 582–589.

The cognitive mechanisms of retrieval-induced forgetting

ZHAO Libo; ZHANG Yue; YU Yiwen; DENG Lifang

(Department of Psychology, Bei-Hang University, Beijing 100191, China)

Abstract: Retrieval-induced forgetting (RIF) refers to the phenomenon that the retrieval of particular memories causes other related information to be forgotten. Since its discovery 20 years ago, RIF has been an important topic in memory research but its underlying cognitive mechanism remains controversial. There exist three major explanations including the interference account, the inhibition account, and the context-dependent account. Based on a systematic review of empirical studies on the cognitive mechanisms of RIF, it could be concluded that all three accounts have received partial support, and therefore RIF might be caused jointly by inhibition, interference, and change of context. Future research on RIF should combine multiple methodologies to address this new theory directly.

Key words: retrieval-induced forgetting; interference; competition; inhibition; context