

工作记忆广度和刷新与概念形成的关系

许郡婷^{1,2}, 翟吉存¹, 李文福^{1*}

¹济宁医学院精神卫生学院, 山东 济宁

²上海师范大学教育学院心理学系, 上海

Email: juntingxu317@163.com, 3044822291@qq.com, *wenfulee@126.com

收稿日期: 2021年4月21日; 录用日期: 2021年5月14日; 发布日期: 2021年5月21日

摘要

目的: 探索工作记忆广度和刷新与概念形成的关系。方法: 选取60名大学生被试, 采用运算-词汇广度任务和2-Back任务分别测量工作记忆广度和工作记忆刷新, 以探索工作记忆与概念形成的关系。结果: 工作记忆广度与经典概念形成实验所用步数以及替代取样发生次数显著负相关, 与空白试验法实验的正确率显著正相关; 被试在2-Back任务上的正确率与经典概念形成实验中所用步数以及替代取样现象发生次数显著负相关, 与空白试验法实验的正确率显著正相关。结论: 工作记忆容量和刷新在人工概念形成过程中具有重要作用。

关键词

概念形成, 假设检验说, 工作记忆, 替代取样

The Relationship between Working Memory Capacity and Updating and Concept Identification

Junting Xu^{1,2}, Jicun Zhai¹, Wenfu Li^{1*}

¹School of Mental Health, Jining Medical University, Jining Shandong

²Department of Psychology, College of Education, Shanghai Normal University, Shanghai

Email: juntingxu317@163.com, 3044822291@qq.com, *wenfulee@126.com

Received: Apr. 21st, 2021; accepted: May 14th, 2021; published: May 21st, 2021

Abstract

Objective: To explore the effect of working memory capacity and refreshing of WM in the process

*通讯作者。

of concept identification. Method: The operation-vocabulary breadth task was used to measure the capacity of working memory and the 2-back task was performed to evaluate the refreshing of working memory. The process of concept identification was explored in both the classical concept formation task and blank trial procedure. **Results:** 1) the working memory capacity was significantly negative correlated with the number of steps used to formatted the concept and the number of sampling with replacement of the classical concept formation experiment; 2) the working memory capacity was significantly positive correlated with the accuracy of the blank trial procedure; 3) the accuracy of N-back was significantly negative correlated with the number of steps used to formatted the concept and the number of sampling with replacement of the classical concept formation experiment; 4) the accuracy of 2-back was significantly positive correlated with the accuracy of the blank trial procedure. **Conclusion:** Working memory was involved in the concept formation in both classical concept formation experiment and blank trial procedure.

Keywords

Concept Identification, Hypothesis-Testing Theory, Working Memory, Sampling with Replacement

Copyright © 2021 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

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



Open Access

1. 引言

概念是对事物本质属性的反应, 人工概念是在实验室条件下人为制造的一种概念, 用以研究概念的形成过程(彭聃龄, 2012)。概念形成是指个体掌握概念的过程。在对概念形成的研究中, 由 Bruner 等人提出的假设检验说占主导地位, 该学说认为概念形成是不断提出假设、验证假设的过程(Bruner et al., 1956)。在概念形成实验中, 被试利用最初的肯定实例提出可能的假设, 由此构成的假设库指导被试选择某个实例, 并根据主试正确或错误的反馈判断假设正确与否, 即对假设进行检验。多数心理学家认为, 人工概念和自然概念的形成遵循假设检验过程(Bower & Trabasso, 1963; 杨治良, 1986)。

在对假设检验说进行的探索中, 研究者对于记忆资源在概念形成过程中的作用看法不同(王甦, 汪安圣, 1992)。Bower 和 Trabasso (1963)在人工概念形成的研究中发现, 当被试做出错误的反应, 需要形成或采用新的假设时, 以前曾采用但被否定的假设还会再次被选择, 表现出对过去事件的“无记忆”(no memory)现象(Restle, 1962), 该现象也被随后的研究部分证实(Trabasso & Bower, 1964), 并将概念学习过程中出现的被试重复验证已被否定假设的现象使用“有限记忆”(limited memory)理论来解释, 即被试仅存储了部分验证过的假设(Trabasso & Bower, 1964)。为描述方便, 下文将该范式称为经典概念形成实验。随后, 在 Levine (1966)的实验中, 让被试在没有主试反馈的情况下, 对一系列刺激根据预先设定的标准进行反应, 如果被试能够对这些刺激逐渐做出正确的反应, 那么就可以确定被试验证了某个假设并找到了正确概念, 该范式后被称为空白试验法(Blank Trial Procedure)。结果发现一个被否定的假设再次被应用的概率很低, 这意味着随实验的进行, 被试的假设库随之变小, 记忆发挥了作用。针对以上研究存在的关于记忆是否起作用的矛盾, 到目前为止还没有研究对此现象进行探讨。

通过对以上研究的实验材料和实验程序的分析, 发现两类研究中的概念形成过程对记忆资源的需求不同。在 Bower 和 Trabasso (1963)和 Trabasso 和 Bower (1964)的研究中, 实验材料是画有图形的卡片, 图形在形状、颜色、数目和边框数 4 个维量上不同, 每个维量分为 3 个水平, 共有 81 张卡片。在实验中, 主试会预先设定某个或多个属性的结合作为概念, 被试为了找到正确概念, 需要形成的可能假设较多,

假设库较大,对记忆资源的需求较高,易导致重复验证某个假设即替代取样现象。而在 Levine (1966, 1975) 的研究中,实验材料在 4 个维度上不同,但每个维度仅有 2 个水平,且每对材料仅在 1 个维度上有区别,这样只有 8 张卡片材料。在实验时,每次只安排一个属性为有关属性,呈现的两个刺激只在一个属性上存在差异,只有 8 个可能正确的假设。实验要求被试记住的假设较少,对记忆资源的需求较低,一个被否定的假设在以后实验中得到再次应用的概率很低。由此可见, Bower 等人的研究之所以发现概念形成是全或无的过程,实验中出现替代取样现象,是由于可能的假设库较大,被试难以记住所有可能假设以及验证过的假设。而在 Levine 的一系列研究中,可能的假设只有 8 个,被试的记忆负荷较小,对记忆资源的需求较小,被试的假设库随着实验进行而缩小,没有出现替代取样现象。所以,以上研究矛盾的原因在于研究任务对于信息存储以及加工的需求不同, Bower 等人研究中的概念包含的属性和样例较多,被试验证可能的假设时需要同时存储的信息和加工要求较高,而在 Levine 研究中的人工概念包含的属性和样例较少,被试验证可能假设时需要同时存储的信息和加工要求较低。当这种存储和加工要求超过了被试的记忆资源时,便会在概念形成过程中出现“替代取样”现象,反之则会出现假设库随实验的进行而减小的现象。通过以上分析可以发现,二者研究结果的差异是由于概念形成过程中对信息存储和加工的需求不同。

工作记忆是由 Baddeley 等人(1998, 2000)提出的一种对信息的短时存储以及对这些信息进行加工的资源有限的记忆系统。工作记忆广度是评价工作记忆能力的一项重要指标(李德明等, 2003; 于斌等, 2016),目前主要使用双任务范式(如运算 - 词语广度任务)进行测量,即要求被试在同一时间内执行两种任务,一种是作为主要任务的记忆任务,另一种是作为干扰任务的数字计算或图形判断等任务(Conway et al., 2011)。资源共享模型认为工作记忆广度受有限的认知资源限制,任务越难需要的资源越多,任务越简单需要的资源越少(Daneman & Carpenter, 1980)。以往研究发现工作记忆广度与多种认知能力相关,比如阅读理解、学业成绩、流体智力以及问题解决等(Conway et al., 2011; Engle, 2010; 于斌等, 2016; 张欣艺等, 2015)。最近的研究也发现工作记忆容量高的个体在分析型问题解决上的表现优于工作记忆容量低的个体(张心如等, 2019)。由于概念形成本质上属于问题解决,因此工作记忆广度也可能与概念形成有关。中央执行功能是工作记忆的核心,主要包括刷新、抑制和转换三种相对独立的成分(Miyake et al., 2000)。其中,刷新是指工作记忆根据新信息不断更新工作记忆内容的过程(罗琳琳,周晓林, 2004; 赵鑫,周仁来, 2014)。N-back 任务是测量工作记忆刷新功能的常用范式之一(赵鑫等, 2016; 赵鑫,周仁来, 2011)。以往研究发现工作记忆刷新对于学习、问题解决和阅读理解皆有重要作用(Colom et al., 2008; Peng et al., 2013; Der Sluis et al., 2007; Xing et al., 2019; 邢强等, 2017)。由于概念形成涉及对假设的检验,需要不断验证并排除不正确假设,即对工作记忆存储的内容进行不断更新,因此可以推测工作记忆刷新影响概念形成过程。

综上,有些研究发现概念形成过程中记忆不起作用(Bower & Trabasso, 1963; Trabasso & Bower, 1964),其他研究却发现记忆发挥作用(Levine, 1966, 1975)。该矛盾可能源于概念形成过程对信息存储和加工的需求不同,即工作记忆广度的大小影响了可以存储的待验证假设的数量,而工作记忆刷新参与了对已验证和已排除假设的不断更新。因此,本研究在测量被试工作记忆广度和工作记忆刷新能力的基础上,探索工作记忆对概念形成的影响。研究采用运算 - 词汇任务和 N-back 任务来调查工作记忆容量和工作记忆刷新,同时采用经典概念形成任务和空白试验法任务探索工作记忆对概念形成的影响。由于在概念形成过程中,被试需要根据肯定实例所包含的各种属性形成可能假设,同时在假设检验的过程中,还需根据被否定或被肯定的实例实时刷新假设库的内容,这些都需要工作记忆存储和刷新功能的支持。由此,研究假设为: 1) 工作记忆容量和假设检验有关,工作记忆容量越大,出现替代取样的可能性越小; 2) 工作记忆刷新和假设检验有关,工作记忆刷新效率越高,形成概念的可能性越高。

2. 研究方法

2.1. 被试

随机选取在校大学生 60 名, 平均年龄 20.73 ± 1.03 岁。视力或矫正视力正常。一名被试未完成 2-Back 任务。最后参加实验的被试为 59 名, 平均年龄 20.85 ± 1.11 岁, 其中男生 15 名, 女生 44 名。

2.2. 实验程序

被试到达测量室后由主试讲解实验任务, 并进行练习。被试依次进行运算 - 词语广度任务、2-back 任务、经典概念形成实验和空白试验法实验。其中, 运算 - 词语广度任务大约持续 5 分钟, 2-back 任务约持续 5 分钟, 经典概念形成实验大约持续 15 分钟, 空白试验法实验大约持续 10 分钟。实验在 2-back 任务和经典概念形成实验中间让被试休息 5 分钟, 整个实验大约持续 45 分钟。实验采取一对一的方式进行, 主试协助解释研究任务, 确保被试明白指导语, 研究过程未发现被试过于疲劳状态。

2.3. 实验材料和任务

2.3.1. 运算 - 词语广度任务

选取运算 - 词语广度任务测量工作记忆容量。该任务要求被试判断由两个 1 位数组成的加法算式是否正确, 并记忆算式后面的词汇, 比如“ $2 + 4 = 5$? 中国”, 以被试对算式的正确判断和词汇的正确回忆作为任务完成的标准。记忆广度任务包括广度 2~7 共六个级别, 每个级别包含三组题目, 每组的题目数量与该广度级别数相等, 如广度 2 的每组题目包含 2 个题目, 广度 7 的每组题目包含 7 个题目, 共计 81 道题目。被试若能正确完成某个广度三组题目中的两组, 则继续下一广度的题目, 如果三组题目有两组不通过, 则将上一广度作为该被试的工作记忆广度。算式的两个被加数及结果都是 1 位数, 正确与错误各半, 并在实验中平衡。词汇选自 2008 版《现代汉语常用词表(草案)》中的高频词, 以排除词频对词汇记忆的干扰。实验时, 屏幕中央首先呈现注视点 500 ms, 随后呈现算式和词汇 5000 ms, 要求被试尽快判断算式的正误并口头报告呈现的词汇, 算式正确按“F”键, 错误按“J”键。为防止被试对词汇的复述, 按键后刺激马上消失, 并呈现下一道题目。本组所有题目完成后要求被试报告出现过的词汇, 能正确报告者进入下一组题目。实验流程如图 1 所示。最后根据被试通过的级别数, 确定其工作记忆广度的大小。

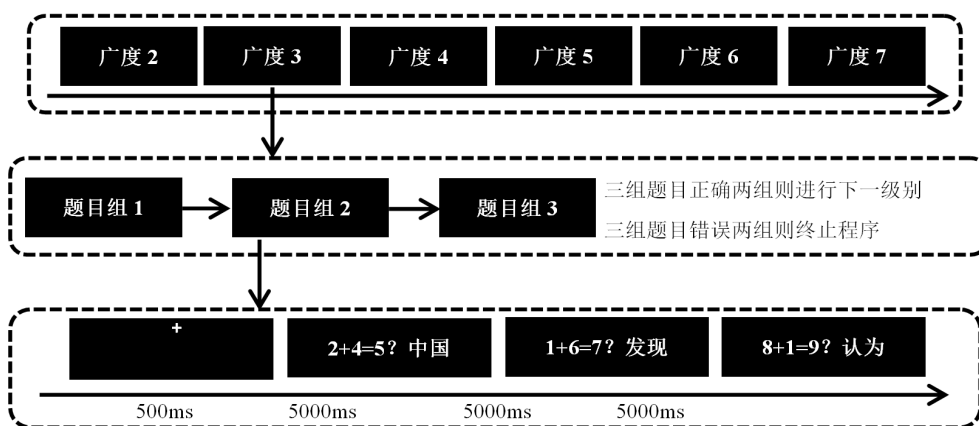


Figure 1. The procedure of operation-words working memory span task

图 1. 运算 - 词语广度任务实验流程图

2.3.2. N-back 任务

选取 N-back 任务测量工作记忆刷新能力, 该任务是测量工作记忆信息更新过程的经典范式(赵鑫,

周仁来, 2011)。任务要求被试判断当前刺激与前面第 N 个刺激是否相同。本研究采用 2-back 任务测量被试的工作记忆刷新能力。实验时, 电脑屏幕中央随机呈现数字流(1~9), 呈现的前两个数字不需要反应。从第三个数字开始, 要求被试判断屏幕中央呈现的数字是否与往回数第二个数字相同, 相同按“F”键, 不同按“J”键。被试经练习阶段熟悉按键后进行正式实验, 正式实验共 120 个试次, 40 个相同, 80 个不同。实验流程如图 2 所示。

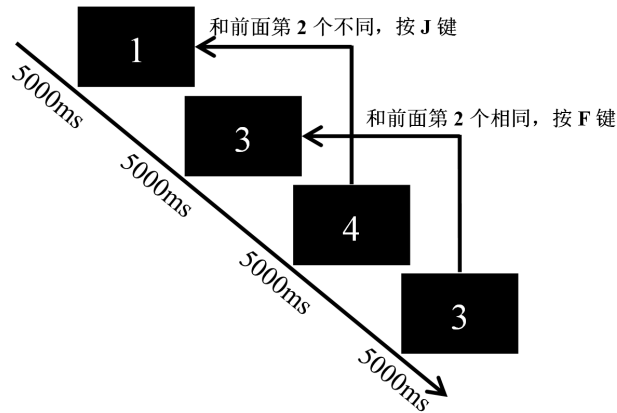


Figure 2. The procedure of 2-back
图 2. 2-Back 任务实验流程图

2.3.3. 经典概念形成实验

参照 Bruner et al. (1956)的研究设计实验材料。该材料是画有图形的卡片, 图形的形状、颜色、数目和边框是构成每一卡片的 4 个维量。每个维量有 3 个水平, 即各有 3 个属性或值。形状维量有十字、圆形和方块 3 个属性; 颜色维量有绿、黑、红 3 种; 图形数和边框数维量均有 1、2、3 三种情况。研究共包括 81 张(3 × 3 × 3 × 3)卡片(图 3)。由于在经典概念形成实验中, 形成概念的难度会随着人工概念包含的维量的多少而变化, 即人工概念中包含的维量越少, 该人工概念所包含的肯定实例就越多, 被试形成该人工概念就越困难。因此, 本研究根据人工概念中所包含的维量数目, 将实验中用到的人工概念分为 4 个难度等级。难度 4 中的人工概念包含 1 个维量(如“红色”), 难度 3 中的人工概念包含 2 个维量(如“黑色圆形”), 难度 2 中的人工概念包含 3 个维量(如“两个黑色方形”), 难度 1 中的人工概念包含 4 个维量(如“一框两个黑色圆形”)。难度等级越大, 人工概念包含的维量就越少, 该概念下的肯定实例就越多, 被试猜出该概念的可能性就越低。每个难度分别设置 2 个人工概念, 共 8 个概念。

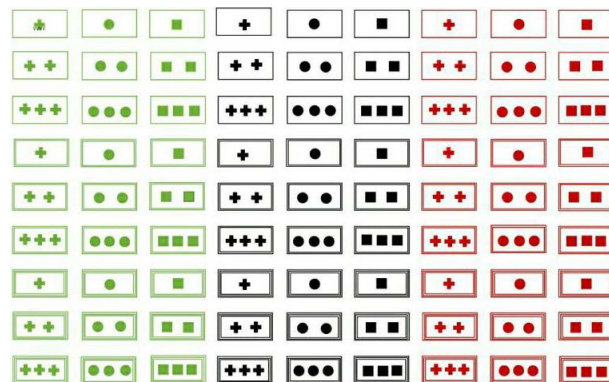


Figure 3. The materials used in the classical concept formation
图 3. 经典概念形成实验材料

2.3.4. 空白试验法

参照 Levine (1966)的研究, 以字母 X 和字母 T 作为实验材料, 共有 8 张在字母、大小、颜色和位置四个维度上互不相同的刺激卡片(图 4), 被试需要验证大的、小的、白的、黑的、左边、右边、X 和 T 共 8 种假设。

正式实验时, 被试端坐在电脑前, 告知被试屏幕上会出现一对刺激, 其中一个为肯定实例, 另一个为否定实例, 肯定实例和否定实例在四个维度上均不同。被试根据自己的假设和电脑的反馈进行按键, 选择右边按“F”键, 选择左边按“J”键。实验共顺次呈现 16 张卡片, 在第 1、6、11 和 16 张卡片的肯定实例上标识“+”以给予被试反馈, 告知被试呈现卡片中的两个刺激哪个是肯定实例。根据空白试验法, 被试在第 1 次反馈时可以排除 8 个假设中的 4 个, 第 2 次反馈可以排除剩下的 4 个假设中的两个, 第 3 次反馈可以排除剩下的 2 个假设中的 1 个, 第 4 次反馈可以验证自己的判断(实验流程见图 5)。为了探索工作记忆对空白试验法范式中概念形成的影响, 研究记录被试的反应时和正确率, 并根据反馈将实验分成三个阶段, 阶段 1 为第 1 次和第 2 次反馈间的试次, 阶段 2 为第 2 次和第 3 次反馈间的试次, 阶段 3 为第 3 次和第 4 次反馈间的试次(见图 5), 每个阶段共 4 个试次。由此, 每个概念被试需要进行的反应为 12 次。

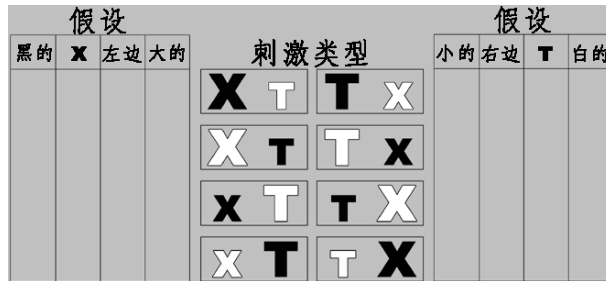


Figure 4. The materials used in the blank trial procedure
图 4. 空白试验刺激示意图

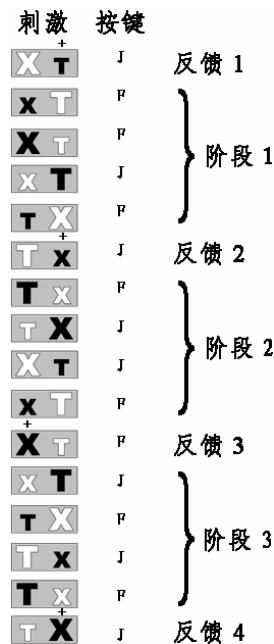


Figure 5. The stimulus flow of blank trial procedure
图 5. 空白试验法刺激流程示意图

3. 结果

3.1. 描述性统计结果

研究首先对工作记忆广度和工作记忆刷新进行描述统计, 结果见表 1 和表 2。

Table 1. Descriptive statistics of working memory span and updating

表 1. 工作记忆的描述性统计结果

	平均值(<i>M</i>)	标准差(<i>SD</i>)	最大值(<i>Max</i>)	最小值(<i>Min</i>)	
工作记忆广度	4.10	0.98	6	2	
工作记忆刷新	反应时	751.42	262.22	1243.44	182.71
	正确率	0.71	0.17	0.95	0.27

Table 2. The distribution of working memory span

表 2. 被试在工作记忆广度各级别上的分布

工作记忆广度	2	3	4	5	6	7
人数	3	12	24	16	4	0

在经典概念形成实验中, 对被试形成概念所需尝试的次数进行统计, 结果发现其平均值为 4.57 ± 1.33 次。对被试在概念形成中是否发生替代取样进行统计, 结果发现替代取样现象发生的概率为 0.25 ± 0.26 。

在空白试验法中, 对被试在每个阶段的平均反应时进行单因素重复测量方差分析, 结果发现不同阶段的平均反应时差异显著(见表 3), $F_{(2, 116)} = 40.74$, $p = 0.001$, $\eta_p^2 = 0.41$ 。事后分析发现, 阶段 1 的平均反应时显著大于阶段 2 和阶段 3 的平均反应时($ps = 0.001$); 阶段 2 的平均反应时显著大于阶段 3 的平均反应时($p = 0.001$)。该结果说明随实验的进行假设库也逐渐变小, 尝试选择的时间变短。对被试在每个阶段的平均正确率进行单因素重复测量方差分析, 结果发现不同阶段的平均正确率差异显著(见表 3), $F_{(2, 116)} = 57.00$, $p = 0.001$, $\eta_p^2 = 0.45$ 。事后分析发现, 阶段 3 的平均正确率显著大于阶段 2 和阶段 1 的平均正确率($ps = 0.001$); 阶段 2 的平均正确率显著大于阶段 1 的平均正确率($p = 0.001$)。该结果说明随实验的进行被试越来越接近正确答案, 正确率逐渐升高。

Table 3. The descriptive statistics of accuracy and reaction time in blank trial procedure

表 3. 空白试验法不同实验阶段的正确率和反应时结果($M \pm SD$)

实验阶段	平均反应时	平均正确率
阶段 1	1821.79 \pm 1022.05	0.58 \pm 0.09
阶段 2	1191.72 \pm 522.86	0.68 \pm 0.12
阶段 3	924.17 \pm 493.12	0.77 \pm 0.17

3.2. 工作记忆广度与概念形成的关系

为探索工作记忆广度在经典概念形成实验中的作用, 研究分别对工作记忆广度与经典概念形成实验中形成概念所用步数和替代取样发生次数进行相关分析。结果发现工作记忆广度与所用步数显著负相关($r = -0.28$, $p = 0.032$)。说明工作记忆广度越高, 被试形成概念所用步数越少。工作记忆广度与替代取样发生次数的相关边缘显著($r = -0.23$, $p = 0.078$)。说明工作记忆广度越高, 替代取样现象发生的次数越少。进一步分析发现, 工作记忆广度只与难度 4 上所用步数显著负相关($r = -0.26$, $p = 0.045$), 同时与难度 4 上替代取样现象发生次数的相关边缘显著($r = -0.23$, $p = 0.077$), 与其他难度水平上的所用步数和替代取

样发生次数相关不显著(见表 4)。由于难度 4 的概念包含的属性最少,肯定实例最多,所以被试为了形成该概念,需要形成的假设库最大。

Table 4. Correlation statistical results between working memory and concept formation
表 4. 工作记忆广度与概念形成所用步数和替代取样发生次数的相关

		概念形成所用步数					替代取样发生次数				
		难度 1	难度 2	难度 3	难度 4	总体步数	难度 1	难度 2	难度 3	难度 4	总体次数
工作记忆广度	<i>r</i>	-0.18	-0.17	-0.15	-0.26	-0.28	-0.10	-0.21	-0.15	-0.23	-0.23
	<i>p</i>	0.185	0.205	0.270	0.045	0.032	0.439	0.107	0.259	0.077	0.078

为探索工作记忆广度在空白试验法实验中的作用,研究分别对工作记忆广度与空白试验法中被试的反应时和正确率进行相关分析。结果发现工作记忆广度与被试的正确率显著相关($r = 0.31, p = 0.016$),与反应时相关不显著。进一步分析发现,被试在工作记忆广度上的得分与空白试验法不同阶段的正确率相关不同(见表 5)。

Table 5. Correlation statistical results between working memory and accuracy of blank trial procedure
表 5. 工作记忆广度与空白试验法不同阶段正确率的相关

		空白试验法不同阶段反应正确率			
		阶段 1	阶段 2	阶段 3	平均正确率
工作记忆广度	<i>r</i>	-0.18	-0.34	0.24	0.31
	<i>p</i>	0.182	0.008	0.063	0.016

3.3. 工作记忆刷新与概念形成的关系

为探索工作记忆刷新在经典概念形成实验中的作用,研究分别对被试在 2-Back 任务上的正确率和反应时与经典概念形成实验中形成概念所用步数和替代取样现象发生次数进行相关分析。结果发现被试在 2-Back 任务上的反应时与所用步数的相关边缘显著($r = -0.26, p = 0.050$),但与替代取样发生次数相关不显著。另外,被试在 2-Back 任务上的正确率与所用步数显著负相关($r = -0.31, p = 0.016$),但与替代取样发生次数相关不显著(见表 6)。进一步分析发现,被试在 2-Back 任务上的反应时与难度 4 上替代取样现象发生次数显著负相关($r = -0.25, p = 0.016$);被试在 2-Back 任务上的正确率与难度 4 上概念形成所用步数显著负相关($r = -0.33, p = 0.011$),与难度 4 上替代取样现象发生次数的相关边缘显著($r = -0.25, p = 0.053$)。从总体看,工作记忆刷新能力越高,被试形成概念时所用步数越少;从不同难度的概念形成看,只有难度 4 上的概念形成所用步数和替代取样发生次数与工作记忆刷新显著相关,说明工作记忆是否在概念形成中起作用,取决于概念形成的难度。

Table 6. Correlation statistical results between working memory updating and concept formation
表 6. 2-Back 任务的正确率和反应时与概念形成所用步数和替代取样发生次数的相关

		概念形成所用步数					替代取样发生次数				
		难度 1	难度 2	难度 3	难度 4	总体步数	难度 1	难度 2	难度 3	难度 4	总体次数
反应时	<i>r</i>	-0.20	-0.23	-0.09	-0.16	-0.26	-0.18	-0.14	-0.01	-0.25	-0.19
	<i>p</i>	0.132	0.075	0.494	0.231	0.050	0.185	0.282	0.918	0.061	0.150
正确率	<i>r</i>	-0.17	-0.18	-0.17	-0.33	-0.31	-0.14	-0.06	-0.06	-0.25	-0.17
	<i>p</i>	0.198	0.183	0.195	0.011	0.016	0.305	0.646	0.664	0.053	0.200

为探索工作记忆刷新在空白试验法实验中的作用,研究分别对被试在 2-Back 任务上的正确率和反应时与被试在空白试验法中的正确率和反应时进行相关分析。结果发现被试在 2-Back 任务上的正确率与被试在空白试验法上的正确率显著相关($r = 0.31, p = 0.018$)。其他没有发现显著的相关。进一步的分析发现,被试在 2-Back 任务上的正确率和反应时主要与被试在空白试验法中阶段 2 和阶段 3 的正确率显著或边缘显著相关(见表 7),说明随实验的进行,工作记忆刷新能力越高,概念形成越快。

Table 7. Correlation statistical results between working memory updating and accuracy of blank trial procedure
表 7. 2-Back 任务的正确率和反应时与空白试验法不同阶段反应正确率的相关

		空白试验法不同阶段反应正确率			
		阶段 1	阶段 2	阶段 3	平均正确率
反应时	<i>r</i>	-0.08	0.23	0.27	0.22
	<i>p</i>	0.531	0.082	0.038	0.094
正确率	<i>r</i>	-0.09	0.30	0.40	0.31
	<i>p</i>	0.506	0.020	0.002	0.018

4. 讨论

研究主要探讨工作记忆在概念形成中的作用。结果发现: 1) 工作记忆广度与经典概念形成所用步数相关, 该相关只存在于所要形成的概念较难的条件下。其次, 工作记忆广度与难度 4 上的替代取样发生次数负相关, 结果验证了 Bower 和 Trabasso (1963) 的发现, 即概念形成过程有替代取样现象, 且替代取样的发生与概念的复杂程度及工作记忆广度有关; 2) 工作记忆广度与空白试验法中被试的正确率显著正相关, 结果部分验证了 Levine (1966) 的研究发现, 记忆在概念形成中起作用; 3) 被试在 2-Back 任务上的正确率与经典概念形成中概念形成所用步数显著负相关, 该相关只存在于难度 4 上的概念形成中, 即工作记忆刷新能力越强, 被试猜测到答案所需步数越少, 并且替代取样现象发生的也越少, 结果同样验证了 Bower 和 Trabasso (1963) 的研究发现, 并进一步说明替代取样的发生与概念的复杂程度及工作记忆刷新能力有关; 4) 被试在 2-Back 任务上的正确率和反应时与被试在空白试验法中阶段 2 和阶段 3 的正确率相关, 说明工作记忆刷新能力越强, 被试猜测到答案的可能性越高。

4.1. 工作记忆广度与概念形成的关系

结果发现工作记忆广度与经典概念形成所需尝试步数以及替代取样现象发生的次数有关, 这种相关只出现在所要形成的概念较难(包含的本质属性较少, 但肯定实例较多)的情况下, 该结果部分重复了前人研究的结果(Bower & Trabasso, 1963)。研究结果还表明, 当所要形成的概念较简单时, 工作记忆广度不再与概念形成所用步数以及替代取样现象发生次数相关, 表明较简单的概念含有较少的肯定实例, 对工作记忆广度的需求较低, 可能存在天花板效应, 导致工作记忆广度的作用难以体现出来。以往研究发现工作记忆广度主要受认知资源的限制(张奇, 王霞, 2007), 并且与多种认知能力相关, 比如阅读理解、学业成绩、流体智力以及问题解决等(Conway et al., 2011; Engle, 2010; Pouw et al., 2016; 于斌等, 2016)。Kane 和 Engle (2003) 的研究也发现工作记忆越高的被试, 越能在头脑中保存认知任务目标。本研究要求被试形成某个人工概念, 该任务的完成需要被试在头脑中根据肯定实例形成多个假设, 并且在实验过程中需要准确存储哪个假设被验证过以及还剩下哪些假设, 如果记忆的假设数量超过了被试的工作记忆容量, 则容易导致被试将被验证过的假设当作新假设进行重复验证, 从而出现替代取样现象。结果表明随着概念复杂性的不同, 工作记忆广度与替代取样现象出现的次数的关系也不同, 只有在难度 4 上, 才发现工作

记忆广度与替代取样现象发生次数相关。这可能由于难度 4 上的概念包含的本质属性最少, 而肯定实例最多, 导致被试需要经过更多的尝试才能找到答案, 这种现象的发生可能是由于工作记忆广度是一个容量有限的记忆系统导致的, 即较难的概念形成需要较大的工作记忆广度, 被试在工作记忆广度上的差异才能得以体现, 工作记忆广度越大, 保持的可能假设越多, 所需要尝试的步数就越少, 出现替代取样现象的可能就越低。在空白试验法实验中, 结果发现工作记忆广度与被试的正确率显著正相关。空白试验法涉及的假设共有 8 个, 被试每次根据反馈都可以排除一半的假设。整个空白试验法需要验证的假设仅为 4 个(其余四个在第一个刺激出现时就被排除了)。由此, 在空白试验法中的假设数量较少, 没有超过被试的工作记忆广度, 是导致假设库不断减小的主要原因。该结果与以往研究的发现是一致的(Levine, 1966)。因此, 以往研究冲突的主要原因可能是没有控制概念难度以及工作记忆广度导致的。在经典概念形成实验中, 没有控制概念难度和被试的工作记忆广度, 当概念复杂程度高或工作记忆广度较低的情况下, 会发生替代取样现象, 得出记忆不起作用的结论。而在空白试验法中, 由于需要验证假设的数量仅有 4 个, 对工作记忆广度需求较小, 出现假设库不断减小的现象, 得出记忆起作用的结论。

4.2. 工作记忆刷新与概念形成的关系

结果发现被试在 2-Back 任务上的正确率与经典概念形成实验中所用尝试步数以及替代取样现象发生的次数显著负相关, 即工作记忆能力越好, 被试越容易形成正确的概念。进一步的分析发现, 这种相关只出现在所要形成的概念较难的情况下, 当所要形成的概念较简单时, 被试在 2-back 任务上的正确率与概念形成所用步数以及替代取样现象发生次数不再相关, 可能是由于概念较简单时, 被试需要更新的假设数量较小, 对刷新功能要求较低导致的。以往研究发现工作记忆刷新反映了执行功能根据外界信息不断改变工作记忆内容的能力, 具有监控新输入信息, 并用与当前任务较为相关的信息取代相关不高的信息, 从而达到不断修正记忆内容的功能(Collette & Van Der Linden, 2002; Kane & Engle, 2002)。工作记忆刷新对于学习、问题解决和阅读理解皆有重要作用(Colom et al., 2008; Peng et al., 2013; Der Sluis et al., 2007)。本研究要求被试形成某个人工概念, 要顺利完成该任务, 被试必须在头脑中根据主试最初指定的肯定实例形成多种假设, 并在实验过程中实时更新存储内容, 从而将验证过的假设排除, 将尚未验证过的假设载入, 如果被试刷新能力较低, 则容易出现难以对记忆内容进行实时更新的现象, 从而增加了尝试步数以及替代取样现象的发生次数。结果发现随着概念复杂程度的不同, 工作记忆刷新与替代取样现象出现的次数的关系也不同, 2-back 任务的正确率仅与难度 4 上的尝试步数显著相关, 同时与难度 4 上的替代取样发生次数的相关边缘显著。该结果可能由于难度 4 上的概念包含的本质属性较少, 而肯定实例却较多, 被试需要经过更多的尝试才能排除不正确假设, 该过程比较类似工作记忆的刷新功能, 即对存储的假设进行实时更新, 而这种更新的作用只有在所执行任务对刷新功能要求较高的时候才出现, 即表现为工作记忆刷新只与难度 4 上的尝试步数和替代取样现象发生次数相关。在空白试验法实验中, 结果发现被试在 2-Back 任务上的正确率与空白试验法中被试的正确率显著正相关, 被试在 2-back 任务上的正确率越高, 工作记忆刷新能力越好, 越容易找到正确的概念。进一步分析发现, 被试在 2-back 任务上的正确率与空白试验法中阶段 2 和阶段 3 的正确率显著正相关, 而与阶段 1 的正确率不相关, 这是由于阶段 1 是空白试验法的开始阶段, 被试仅仅是尝试剩下的 4 个假设中的一个, 难以确定可能的正确假设, 在阶段 2 和阶段 3 中包含的假设分别是 2 个和 1 个, 工作记忆刷新能力较高的被试实时更新了头脑中的假设, 替换了当前不相关的旧假设, 由此表现为 2-back 任务的正确率与阶段 2 和阶段 3 的正确率显著正相关。结果印证了以往研究关于空白试验法中假设库不断减小的结论(Levine, 1966, 1975)。因此, 工作记忆刷新参与了概念形成过程, 在经典概念形成实验中, 当概念复杂程度较高或对工作记忆刷新要求较高的情况下, 便产生了替代取样现象, 给人以记忆不起作用的印象, 而在空白试验法中, 由于

被试需要保持和更新的假设较少,工作记忆刷新需求较低,由此产生假设库不断减小的现象,得出记忆起作用的结论。研究结果同样支持概念形成的假设检验说,即概念形成是一个不断形成假设并验证假设的过程。

总之,在经典概念形成实验中实验材料较复杂,被试需要考验的假设较多,而空白试验法的实验材料较简单,需要验证的假设较少。本研究通过测量工作记忆广度和工作记忆刷新两大能力,探索了经典概念形成和空白试验法中概念的形成过程。结果表明工作记忆广度和工作记忆刷新均与人工概念的形成有关,工作记忆广度是工作记忆能力高低的综合测量指标,而工作记忆刷新是工作记忆更新存储内容快慢的指标。概念形成的假设检验说认为概念形成是对已有假设不断检验和验证的过程,这个过程需要根据已知信息形成假设,并依据反馈情况对形成的假设进行验证,最后发现正确概念。这一过程需要对假设的存储能力和已验证假设的更新能力,研究结果支持概念形成的假设检验说,并验证了工作记忆在该过程中的作用:工作记忆的广度越大、刷新能力越高越有利于概念形成的假设检验过程。

4.3. 研究的局限

研究也存在一些欠缺,如没有筛选工作记忆广度和工作记忆刷新都非常优秀的被试,不能探索高工作记忆广度和刷新被试是否也会出现替代取样现象。另外,研究纳入的每个级别的工作记忆广度的被试较少,难以进一步分析不同记忆广度对概念形成所用步数和替代取样发生次数的影响。其次,本实验要求被试依次完成4种实验任务(运算-词语广度任务、2-back任务、经典概念形成实验和空白试验法实验),由此忽略了任务执行顺序对概念形成的可能影响。由此,以后可以筛选各工作记忆广度的被试,详细探讨工作记忆广度对概念形成的影响。最后,转换、刷新和抑制是工作记忆中央执行功能的三个相对独立的成分,当前研究仅探讨了刷新的作用,以后的研究可以综合探讨三个成分对概念形成的影响,进而揭示工作记忆中央执行功能与概念形成的关系全貌。

5. 结论

研究探讨了工作记忆广度和工作记忆刷新与人工概念形成的关系,研究结论如下:

1) 工作记忆广度与经典概念形成中难度4上的替代取样发生次数负相关,工作记忆广度越大,较难概念形成所用步数越少;工作记忆广度与空白试验法中被试的正确率显著正相关,工作记忆广度越大,被试猜测到正确概念的概率越高。

2) 工作记忆刷新任务的正确率与经典概念形成中难度4上的替代取样发生次数负相关,工作记忆刷新能力越强,替代取样现象发生的越少;工作记忆刷新任务的正确率和反应时与空白试验法中阶段2和阶段3的正确率正相关,工作记忆刷新能力越强,被试猜测到正确答案的可能性越高。

基金项目

山东省高等学校“青创科技计划”项目(2019RWF003);贺林院士新医学科研基金项目(JYHL2019MS03)。

参考文献

- 李德明,刘昌,李贵芸(2003). 数字工作记忆广度的毕生发展及其作用因素. *心理学报*, 35(1), 63-68.
- 罗琳琳,周晓林(2004). 执行功能与数量加工:回顾与展望. *心理科学进展*, 12(5), 714-722.
<https://doi.org/10.3969/j.issn.1671-3710.2004.05.010>
- 彭聃龄(2012). *普通心理学*. 北京:北京师范大学出版社.
- 王甦,汪安圣(1992). *认知心理学*. 北京:北京大学出版社.
- 邢强,孙海龙,占丹玲,胡婧,刘凯(2017). 执行功能对言语顿悟问题解决的影响:基于行为与 ERPs 的研究. *心理学*

- 报, 49(7), 909-919. <https://doi.org/10.3724/SP.J.1041.2017.00909>
- 杨治良(1986). 概念形成渐进——突变过程的实验性探索. *心理学报*, 4(4), 380-387.
- 于斌, 刘惠军, 乐国安(2016). 工作记忆广度与自我损耗的关系. *心理与行为研究*, 14(5), 577-583.
- 张奇, 王霞(2007). 工作记忆广度:资源限制、记忆消退还是转换机制? *心理学报*, 39(5), 777-784.
- 张心如, 王伟, 段海军, 赵洋洋, 阚越粹, 胡卫平(2019). 工作记忆对顿悟和分析型问题解决的影响. *心理科学*, 42(4), 777-783.
- 张欣艺, 韩仁生, 纪建茂(2015). 简析工作记忆对问题解决的影响. *心理研究*, 8(5), 27-31.
- 赵鑫, 徐伊文婕, 霍小宁(2016). 刷新功能的训练: 内容、效果与机制. *中国临床心理学杂志*, 24(5), 808-813.
- 赵鑫, 周仁来(2011). 工作记忆中央执行系统不同子功能评估方法. *中国临床心理学杂志*, 19(6), 748-752.
- 赵鑫, 周仁来(2014). 工作记忆刷新功能的可塑性. *心理科学进展*, 22(10), 1521-1531.
- Baddeley, A. D. (1998). Recent Developments in Working Memory. *Current Opinion in Neurobiology*, 8, 234-238. [https://doi.org/10.1016/S0959-4388\(98\)80145-1](https://doi.org/10.1016/S0959-4388(98)80145-1)
- Baddeley, A. D. (2000). The Episodic Buffer a New Component of Working Memory. *Trends in Cognitive Science*, 4, 417-423. [https://doi.org/10.1016/S1364-6613\(00\)01538-2](https://doi.org/10.1016/S1364-6613(00)01538-2)
- Bower, G. H., & Trabasso, T. (1963). Concept Identification. In R. C. Atkinson (Ed.), *Studies in Mathematical Psychology* (pp. 32-93). Stanford: Stanford University Press.
- Bruner, J. S., Goodnow, J. J., & Austin, G. A. (1956). *A Study of Thinking*. New York: Wiley.
- Collette, F., & Van Der Linden, M. (2002). Brain Imaging of the Central Executive Component of Working Memory. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 26, 105-125. [https://doi.org/10.1016/S0149-7634\(01\)00063-X](https://doi.org/10.1016/S0149-7634(01)00063-X)
- Colom, R., Abad, F. J., Quiroga, M. Á., Pei, C. S., & Flores-Mendoza, C. (2008). Working Memory and Intelligence Are Highly Related Constructs, but Why? *Intelligence*, 36, 584-606. <https://doi.org/10.1016/j.intell.2008.01.002>
- Conway, M., Getz, S. J., Macnamara, B., & Engel de Abreu, P. M. J. (2011). Working Memory and Fluid Intelligence: A Multi-Mechanism View. In R. Sternberg, & S. B. Kaufman (Eds.), *Cambridge Handbook of Intelligence* (pp. 394-418). New York: Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511977244.021>
- Daneman, M., & Carpenter, P. A. (1980). Individual Differences in Working Memory and Reading. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 19, 450-466. [https://doi.org/10.1016/S0022-5371\(80\)90312-6](https://doi.org/10.1016/S0022-5371(80)90312-6)
- der Sluis, S., de Jong, P. F., & der Leij, A. (2007). Executive Functioning in Children, and Its Relations with Reasoning, Reading, and Arithmetic. *Intelligence*, 35, 427-449. <https://doi.org/10.1016/j.intell.2006.09.001>
- Engle, R. W. (2010). Role of Working-Memory Capacity in Cognitive Control. *Current Anthropology*, 51, S17-S26. <https://doi.org/10.1086/650572>
- Kane, M. J., & Engle, R. W. (2002). The Role of Prefrontal Cortex in Working-Memory Capacity, Executive Attention, and General Fluid Intelligence: An Individual-Differences Perspective. *Psychonomic Bulletin & Review*, 9, 637-671. <https://doi.org/10.3758/BF03196323>
- Kane, M. J., & Engle, R. W. (2003). Working-Memory Capacity and the Control of Attention: The Contributions of Goal Neglect, Response Competition, and Task Set to Stroop Interference. *Journal of Experimental Psychology General*, 132, 47-70. <https://doi.org/10.1037/0096-3445.132.1.47>
- Levine, M. (1966). Hypothesis Behavior by Humans during Discrimination Learning. *Journal of Experimental Psychology*, 71, 331-338. <https://doi.org/10.1037/h0023006>
- Levine, M. (1975). *A Cognitive Theory of Learning*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates. <https://doi.org/10.1006/cogp.1999.0734>
- Miyake, A., Friedman, N. P., Emerson, M. J., Witzki, A. H., Howerter, A., & Wager, T. D. (2000). The Unity and Diversity of Executive Functions and Their Contributions to Complex “Frontal Lobe” Tasks: A Latent Variable Analysis. *Cognitive Psychology*, 41, 49-100. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2013.01.012>
- Peng, P., Sha, T., & Li, B. (2013). The Deficit Profile of Working Memory, Inhibition, and Updating in Chinese Children with Reading Difficulties. *Learning & Individual Differences*, 25, 111-117. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2013.01.012>
- Pouw, W. T. J. L., Mavilidi, M.-F., van Gog, T., & Paas, F. (2016). Gesturing during Mental Problem Solving Reduces Eye Movements, Especially for Individuals with Lower Visual Working Memory Capacity. *Cognitive Processing*, 17, 269-277. <https://doi.org/10.1007/s10339-016-0757-6>
- Restle, F. (1962). The Selection of Strategies in Cue Learning. *Psychological Review*, 69, 329-343. <https://doi.org/10.1037/h0044672>
- Trabasso, T., & Bower, G. H. (1964). Memory in Concept Identification. *Psychonomic Science*, 1, 133-134.

<https://doi.org/10.3758/BF03342827>

Xing, Q., Lu, Z., & Hu, J. (2019). The Effect of Working Memory Updating Ability on Spatial Insight Problem Solving: Evidence from Behavior and Eye Movement Studies. *Frontiers in Psychology, 10*, 927.

<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.00927>