

工作记忆对类比推理的影响*

唐慧琳^{1,2}, 刘 昌¹

(1. 南京师范大学 认知神经科学实验室, 南京 210097 2. 南京晓庄学院 教育科学学院, 南京 210017)

摘 要 :该实验采用 $(\alpha \text{ 类比推理类型}) \times (\alpha \text{ 组别})$ 双因素实验设计来探讨工作记忆与类比推理之间的关系, 尤其关注工作记忆的各个子成分对类比推理的影响。控制组的被试只需完成类比推理测验, 而实验组的被试是在双任务的条件下进行实验。结果表明, 工作记忆是影响类比推理的一个重要因素。在图形类比推理中, 主要有视空间模板中的空间成分, 语音回路中的发音成分以及中央执行器的参与; 在言语类比推理中, 则是视空间模板中的空间成分起主要作用。

关键词 :类比推理; 工作记忆

中图分类号 :B842.2

文献标识码 :A

文章编号 :1003-5184(2006)04-0026-05

1 问题的提出

类比推理是不同于演绎, 也不同于归纳的一种颇具特色的推理形式。近年来, 随着研究的不断深入, 研究者开始关注类比推理与其它认知能力的关系。由于工作记忆被认为是影响绝大多数认知活动的一般因素之一, 因此它与类比推理的关系尤为引人注目。工作记忆是一种对信息进行暂时性的加工和储存的能量有限的记忆系统^[1], 由语音回路、视空间模板和中央执行器三个部分组成。这三个部分各自拥有不同的结构与功能, 其中语音回路负责以语音为基础的信息的储存和控制, 它分为语音储存和发音复述系统两个部分; 视空间模板主要负责处理视觉空间信息, 它可能包含视觉元素(与颜色、形状有关)和空间元素(与位置有关); 中央执行器负责各子系统之间以及它们与长时记忆的联系, 也负责注意资源的协调和策略的选择与计划^[2]。由于工作记忆被看作一个容量有限的系统, 因此它与许多认知活动, 尤其是复杂的任务, 如推理有关^[3,4]。这已得到大量来自行为水平和生理水平的实验研究的证明。

尽管已有的研究取得了一些有启发意义的结果, 但是关于类比推理与工作记忆关系的研究仍然不系统。首先, 从目前已有的文献来看, 国内外学者还没有人直接对工作记忆如何影响类比推理这一问题进行研究。相关的研究中大多是关注工作记忆对演绎推理的影响, 如范畴三段论推理、线形三段论推理、条件推理等^[5-7]。还有的研究是在探讨工作记

忆与流体智力的关系中涉及到了类比推理^[8-11]。其次, 绝大多数研究都是进行相关分析, 如运用层级回归、结构方程模型等方法来研究工作记忆容量与流体智力之间的相关程度, 而很少深入探讨工作记忆的三个子系统如何对流体智力产生影响。针对这些不足, 研究将对以下两个问题进行探讨: 1) 采取“双重任务”的实验范式来探讨工作记忆是否是影响类比推理成绩的因素。“双重任务”实验范式的原理是两个任务同时竞争同一有限的资源, 如果推理的正确率下降, 时间延长, 就可以确定工作记忆的某一成分参与了推理过程。2) 图形类比推理和言语类比推理是否在反应时、正确数方面存在显著差异, 是否有不同的工作记忆子成分的参与。

2 方法

2.1 被试

120 名南京师范大学大四年级的本科生参加实验, 其中男同学 58 人, 女同学 62 人, 平均年龄为 21.68 岁, $SD = 0.97$ 。

2.2 实验任务设计

将 120 名被试随机分成 6 组, 其中 5 组为实验组, 1 组为控制组。实验组的被试在完成主任务(类比推理测验)的同时, 还要进行次级任务的操作(双任务条件)。控制组的被试则只需完成主任务(单任务条件)。所有的任务都是用计算机呈现刺激材料, 记录反应时和采集数据。时间记录的精确度为 1/1000 秒。

类比推理测验由图形类比推理和言语类比推理

* 基金项目: 高等学校全国优秀博士学位论文专项资金(200006), 国家自然科学基金(30200082), 通讯作者: 刘昌, E-mail: oglew@163.cn。

组成,其分半信度分别为 0.87、0.84(斯皮尔曼—布朗校正系数)。这两个测验的呈现顺序在被试间予以平衡。

2.2.1 图形类比推理

从瑞文标准推理测验(RPM)中选取 18 道题目(2 道为练习)。每次在计算机屏幕中央会出现一个大图形和六个(或八个)小图形。被试要尽可能快而准确地从这些小图形中选择出最合适的一个以填补到大图形中的空白部分(以使大图形变得完整),并用左手按下相应的数字键,做出回答。练习题做完后,计算机向被试反馈成绩(反应时和正确率),但此后不再反馈。16 道正式题目按由易到难的顺序呈现。

2.2.2 言语类比推理

该测验为自编测验,由 18 道“四项”类比推理题目组成(2 道为练习),例如“飞机对蓝天,正如轮船对——?”。题目中共包含八种关系类型,分别是:功能(function)、同义词(synonym)、反义词(antonym)、位置(location)、类属(class membership)、因果(cause-effect)、属性(property)、部分/整体(part/whole)。每种关系类型都有 2 道题目。每次在计算机屏幕中央出现一道题目和四个备选答案。被试要尽可能快而准确地进行选择,并用左手按相应的数字键,做出回答。练习题做完后,计算机向被试反馈成绩,但此后不再反馈。16 道正式题目的呈现顺序是随机的。

5 个实验组中的被试除了要完成主任务,还要各自进行一种次级任务的操作,分别为:1)敲击(tapping):用右手按顺时针方向依次敲击计算机键盘上的 4 个方向键(↑→↓←)。敲击速度为每秒一下(耳机中会出现节奏音进行提示)。该任务试图增加视空间模板中的空间成分的负荷^[12]。2)图片干扰(unattended pictures):在被试进行类比推理测验的同时,计算机整个屏幕背景上出现一幅不断闪烁的黑白棋盘格。被试被告知忽略这个棋盘格,而集中注意力于类比推理。该任务试图增加视空间模板中的视觉成分的负荷^[12]。3)发音抑制(articulatory suppression):被试以每秒一个的速度连续重复单音节词“波”(耳机中会出现节奏音进行提示)。该任务试图增加语音回路中的发音成分的负荷^[12]。4)言语干扰(unattended speech):通过耳机向被试以大约每 1.15 秒一个的速度呈现一组单音节词,如“木、热、地”等。被试被告知忽略这些词,而集中注意力于类

比推理。该任务试图增加被动的语音储存的负荷^[12]。5)随机间隔重复(random interval repetition):通过耳机给被试呈现一系列滴答声。每两声滴答声之间的间隔时间不等,分别为 1000ms 和 2000ms(随机呈现)。要求被试一听到滴答声,就尽可能快地用右手按下数字键区的“0”键。该任务试图增加中央执行器的负荷^[13,14]。

2.3 实验程序

正式实验前,主试给予示范、指导,被试熟悉键盘。从开始测验到前面 4 道练习题(图形、言语各 2 道)呈现完毕为止,所有被试的练习及测验的程序都相同。此后,控制组的被试只需完成类比推理测验,而实验组的被试则要在完成次级任务的同时进行类比推理测验。另外,敲击组、发音抑制组和随机间隔重复组的被试,先单独进行其次级任务的测试,记录下他们两次反应之间的间隔时间以及准确率(对于随机间隔重复组是记录滴答声与反应之间的间隔时间)。这一方面可以使他们通过练习进一步熟悉次级任务,一方面也可由此得到单独进行次级任务时的数据,以便与双任务条件下次级任务的完成情况做比较。

3 结果与分析

3.1 以反应时为指标的分析

以被试的类比推理反应时为因变量,以推理类型(图形、言语)为被试内变量,组别为被试间变量进行重复测量多元方差分析。结果如表 1 所示。

推理类型的主效应极其显著($F_{(1,119)} = 528.26$, $p < 0.001$)表明被试进行图形类比推理和言语类比推理所用的反应时之间有非常显著的差异。推理类型与组别之间有显著的交互作用($p < 0.01$),这说明图形、言语类比推理有不同的工作记忆子成分的参与。

接下来,分别以被试在图形类比推理和言语类比推理中的反应时为因变量,以组别为自变量进行单因素方差分析。结果表明,分别以图形、言语类比推理反应时为因变量时,“组别”这一自变量存在显著效应($F_{(5,117)} = 2.96$, $F_{(5,117)} = 2.71$, $p < 0.05$)。然而,进一步对六组被试进行逐对的平均数差异显著性检验发现:以图形类比推理反应时为指标时,任何一个实验组与控制组之间的差异均没有达到显著性水平;而对于言语类比推理反应时,则是敲击组与控制组之间有明显的差异($p < 0.05$)表明视空间模板中的空间成分参与了言语类比推理。

表1 各组被试类比推理反应时、正确数的平均值及标准差

组别	图形类比推理		言语类比推理	
	\bar{x}	s	\bar{x}	s
控制组(n = 20)				
反应时(秒)	8.870	2.039	4.307	0.693
正确数	12.45	2.06	14.70	1.03
敲击组(n = 20)				
反应时(秒)	9.172	2.391	5.007	1.158
正确数	10.70	2.79	14.70	1.38
图片干扰组(n = 20)				
反应时(秒)	7.760	2.586	3.975	0.803
正确数	11.05	2.63	14.85	1.18
发音抑制组(n = 20)				
反应时(秒)	10.015	2.613	4.730	0.811
正确数	10.65	3.00	14.00	2.13
言语干扰组(n = 20)				
反应时(秒)	10.167	3.361	4.462	1.041
正确数	12.50	2.84	14.90	2.17
随机间隔重复组(n = 20)				
反应时(秒)	8.072	2.145	4.651	1.223
正确数	10.50	2.40	14.45	1.39

实验组的被试要同时进行主任务和次级任务的操作。如果这两项任务都利用了同一资源,那么次级任务在对主任务产生干扰的同时,主任务也会影响次级任务的操作。因此,为什么实验组与控制组之间差别不明显,一种可能就是被试采取了权衡的策略(trade - off)即他们意识到了类比推理是主任务,因此把注意力都集中到了类比推理上,从而导致

类比推理成绩与控制组的被试之间没有明显差异,但是他们的次级任务的操作却会受到影响。为了检验是否存在这种可能,分别对敲击组、发音抑制组和随机间隔重复组的被试在两种条件下(即单独和综合)进行次级任务的反应时进行比较。结果如表2所示。

表2 三组被试在两种条件下进行次级任务反应时、正确率的比较

组别	单独完成条件下		双任务条件下		t	df	p
	\bar{x}	s	\bar{x}	s			
敲击组							
反应时(秒)	1.052	0.241	1.206	0.390	-2.29	19	0.034
正确率(%)	99.02	1.85	90.32	7.35	5.52	19	0.000
发音抑制组							
反应时(秒)	1.050	0.074	1.243	0.218	-4.06	19	0.001
随机间隔重复组							
反应时(秒)	0.251	0.041	0.383	0.066	9.36	19	0.000
正确率(%)	99.00	3.48	84.56	12.65	4.65	19	0.000

结果表明,这三组被试单独进行次级任务时的反应时明显比综合条件下进行次级任务时的反应时短。这就说明被试确实运用了权衡的策略,将注意力集中在主任务类比推理上,从而使次级任务的完成受到了影响。

3.2 以正确数为指标的分析

以被试完成类比推理的正确数为因变量,以推理类型为被试内变量,组别为被试间变量进行重复测量多元方差分析。结果发现(见表1)推理类型具有极其显著的主效应($F_{(1,119)} = 199.97, p < 0.001$),

表明被试完成图形和言语类比推理测验的正确数之间有非常显著的差异。但是组别没有显著的主效应,且组别与推理类型之间没有显著的交互作用($p > 0.05$)。

接下来,分别以被试完成图形、言语类比推理测验的正确数为因变量,以组别为自变量进行单因素方差分析。结果发现,对于言语类比推理正确数而言,六个组别之间差异不显著($F_{(5,119)} = 0.86, p > 0.05$)。而对于图形类比推理正确数,则六组之间差异非常明显($F_{(5,119)} = 2.44, p < 0.05$)。进一步对六组被试进行逐对的平均数差异显著性检验,发现敲击组、发音抑制组、随机间隔重复组这三个实验组与控制组之间都存在显著差异($p < 0.05$)表明视空间模板中的空间成分、语音回路中的发音成分以及中央执行器都参与了图形类比推理。

同样,也对敲击组、随机间隔重复组的被试在两种条件下(单独和综合)完成次级任务的正确率进行了比较(发音抑制组的被试只需发“波”这个音,故不存在正确率这一指标)。结果表明(见表2),这两组被试单独完成次级任务的正确率明显高于综合条件下完成次级任务的正确率。这再次说明被试运用了权衡的策略,将注意力集中在任务类比推理上,从而使次级任务的完成受到了影响。

4 讨论

实验结果表明工作记忆中的各子成分对图形、言语类比推理有不同的影响,说明人们对这两种类比推理的编码方式不同。对于图形类比推理而言,控制组与敲击组、发音抑制组、随机间隔重复组这三个实验组之间在推理正确数方面都存在显著差异,表明视空间模板中的空间成分、语音回路中的发音成分和中央执行器参与了图形类比推理。这可能是由于图形类比推理中的题目是由线条及简单的图形组成。被试除了要识别这些线条、图形,更重要的是要根据它们的空间位置找出变化的规律。同时他们还有可能默默地在心中将这些规律转化成言语,如“图形数目成倍增长”、“去掉图中的十字形”等等。因此,当他们同时要要进行另一项也需要视空间模板中的空间成分、语音回路中的发音成分或中央执行器参与的任务时,类比推理成绩就会受到影响。这一结果与 Parbhakaran 等人的研究发现是一致的。1997年,Parbhakaran 等人^[15]运用 fMRI 对瑞文推理测验进行了研究,结果表明图形推理激活了与空间和客体工作记忆有关的区域,而分析推理激活了与

言语工作记忆、执行加工有关的区域,说明瑞文推理受到工作记忆三个子系统的调节。

言语类比推理中的题目是由词语组成。被试在识别词语的基础上,还要辨别出它们之间的语义关系。据此,被试在进行言语类比推理时,应该有语音回路的参与。可是从实验的结果来看情况并非如此。无论发音抑制组还是言语干扰组,它们与控制组之间都没有显著差异。相反,敲击组与控制组之间差异显著,表明视空间模板中的空间成分参与了言语类比推理。这可能是由于言语类比推理测验中的题目大多由具体的词语组成,如“火车”、“电灯”等。词语之间的语义关系也非常清楚,如“反义词”、“部分—整体”等。因此被试有可能在推理过程中将这些词语转化成具体的事物,并根据它们之间的关系在脑中形成了一些空间阵列。例如“窗户对房屋,正如轮胎对汽车”,被试可能会形成窗户、房屋、轮胎的表象,然后根据窗户和房屋的空间关系,推导出窗户是房屋的一部分,进而选择汽车,因为轮胎也是汽车的一部分。因此,当被试同时要要进行敲击任务时(干扰视空间模板中的空间成分),类比推理受到了影响。当然,对于所形成的空间阵列,被试有可能会将其转化为内部言语,从而最终做出反应。但是,所形成的视觉表象在这整个加工过程中所起的作用可能更大一些,更关键一些。这种解释得到了其他相关研究的支持。1981年,Evans 等人发现语音回路和中央执行器没有参与条件推理;1997年,Vandierendock 等人^[13]在对线形推理的研究中发现视空间模板和中央执行器参与了前提加工过程,而语音回路只是在结果推断中发挥作用;2000年,Quayle 和 Balf^[16]发现三段论推理与工作记忆的空间子成分有关;2002年,Markovits、Doyon 和 Simoneau^[17]在对条件推理的研究中发现,具有抽象前提的条件推理与言语工作记忆容量之间存在正相关,而前提具体的条件推理主要是与视觉工作记忆容量之间存在正相关等等。尽管这些研究都是以演绎推理为对象,但是由于演绎推理包括许多与类比推理相同的结构映射过程^[18],因此它们可以间接地为实验结果提供验证。

大量研究表明中央执行器在许多认知活动中都发挥重要作用。然而在实验中,无论图形还是言语类比推理,中央执行器的作用似乎都不太大,这可能是由以下两个原因造成:一是图形、言语类比推理测验都是采用较为具体的材料,可以由视空间模板和

语音回路来负责加工;二是随机间隔重复任务的难度不够大,未能对中央执行器造成很大的负荷。

另外,为什么实验组和控制组之间的差异不是很大,有一种可能就是被试在完成测验的过程中进行了权衡。他们意识到了类比推理测验是主任务,因此把注意力都集中到了类比推理上,从而导致类比推理成绩与控制组的被试之间没有显著差异,但是他们的次级任务的操作却因此受到影响。

至于为什么工作记忆对图形、言语类比推理的影响是反映在不同的指标上(图形类比推理是正确数,言语类比推理是反应时)这一问题,我们的解释是图形类比推理测验中的题目相对较难,无论是控制组还是实验组的被试都要花较长的时间进行推理。由于实验组的被试还要同时受到次级任务的干扰,因而他们在推理过程中会犯更多的错误,从而导致正确数减少。相反,言语类比推理测验中的题目比较简单,在没有时间限制的情况下所有的被试都能较准确地作答,因此工作记忆对类比推理的影响主要反映在反应时上。

总体上,实验的结果表明工作记忆是影响类比推理的重要因素。在图形类比推理中,主要有视空间模板中的空间成分,语音回路中的发音成分以及中央执行器的参与;在言语类比推理中,则是视空间模板中的空间成分起主要作用。

参考文献

- 1 刘昌. 人类工作记忆的某些神经影像研究. 心理学报, 2002, 34(6): 634 - 642.
- 2 杨治良, 郭力平, 王沛, 等. 记忆心理学. 上海: 华东师范大学出版社, 1999. 98 - 109.
- 3 Engle R W, Tuholski S W, Laughlin J E, et al. . Working memory, short-term memory and general fluid intelligence: a latent variable approach. *Journal of Experimental Psychology: General*, 1999, 128: 309 - 331.
- 4 Primi R. Complexity of geometric inductive reasoning tasks: Contribution to the understanding of fluid intelligence. *Intelligence* 2002, 30(1): 41 - 70.
- 5 Copeland D E, Radvansky G A. Working memory and syllogistic reasoning. *Quarterly Journal of Experimental Psychology Section A* 2004, 57(8): 1437 - 1457.
- 6 Wim D, Walter S, Gery D. Working memory and everyday conditional reasoning: Retrieval and inhibition of stored counterex-

amples. *Thinking and Reasoning* 2005, 11(4): 349 - 381.

- 7 Niki V, Walter S, Gery D. Everyday conditional reasoning: A working memory - dependent trade off between counterexample and likelihood use. *Memory and Cognition* 2005, 33(1): 107 - 119.
- 8 Tucker P, Warr P. Intelligence, elementary cognitive components, and cognitive styles as predictors of complex task performance. *Personality and individual differences*, 1996, 21(1): 91 - 102.
- 9 Fry A F, Hale S. Processing speed, working memory, and fluid intelligence: evidence for a developmental cascade. *Psychological Science*, 1996, 7: 237 - 241.
- 10 Conway A R A, Cowan N, Bunting M F, et al. . A latent variable analysis of working memory capacity, short-term memory capacity, processing speed, and general fluid intelligence. *Intelligence* 2002, 30: 163 - 183.
- 11 刘昌. 加工速度、工作记忆与液态智力发展的关系(英文). *心理学报* 2004, 36(4): 464 - 475.
- 12 Gilhooly K J, Logie R H, Wynn V. Syllogistic reasoning tasks, working memory, and skill. *European Journal of Cognitive Psychology*, 1999, 11(4): 473 - 498.
- 13 Vandierendonck A, Vooght G D. Working memory constraints on linear reasoning with spatial and temporal contents. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 1997, 50A(4): 803 - 820.
- 14 Vandierendonck A, Vooght G D, Gonen K V D. Interfering with the central executive by means of a random interval repetition task. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 1998, 51A(1): 197 - 218.
- 15 Prabhakaran V, Jennifer A L, Smith J E, et al. . Neural substrates of fluid reasoning: an fMRI study of neocortical activation during performance of the Raven's Progressive Matrices Test. *Cognitive Psychology*, 1997, 33: 43 - 63.
- 16 Quayle J D, Ball L J. Working memory, metacognitive uncertainty, and belief bias in syllogistic reasoning. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 2000, 53A(4): 1202 - 1223.
- 17 Markovits H, Doyon C, Simoneau M. Individual differences in working memory and conditional reasoning with concrete and abstract content. *Thinking and Reasoning*, 2002, 8(2): 97 - 107.
- 18 Halford G S. Analogical reasoning and conceptual complexity in cognitive development. *Human Development*, 1992, 35: 193 - 217.

The Effect of Working Memory on Analogical Reasoning

Tang Huilin^{1,2}, Liu Chang¹

(1. Lab of Cognitive Neuroscience, Nanjing Normal University, Nanjing 210097 ;

2. The College of Education and Science, Nanjing Xiaozhuang College, Nanjing 210017)

Abstract :This study investigated the roles of working memory in analogical reasoning. According to dual tasks paradigm, 120 subjects were divided into six groups (control, tapping, unattended pictures, articulatory suppression, unattended speech, and random interval repetition groups) randomly, and all of them performed two types of analogical reasoning (figural and verbal analogical reasoning). The control group was asked to complete analogical reasoning only, and the other five groups (the experimental ones) were required to perform analogical reasoning tests (the primary task) while performing the secondary task (i. e. tapping, unattended pictures, articulatory suppression, unattended speech, or random interval repetition). The secondary task was used to interfere with the subcomponents of working memory. It was indicated that the visuospatial sketchpad, phonological loop, and the central executive were involved in figural analogies, whereas visuospatial sketchpad had main effect on verbal analogies.

Key words :analogical reasoning ; working memory

(上接第 21 页)

A Piece of Preliminary Research on Thoughts of Organizational Psychology in the Book of Changes

Zhao Fangqiang

(College of Education, Hebei Normal University, Shijiazhuang 050091)

Abstract :The Book of Changes involved abundant thoughts of managerial psychology. This article mainly explored thoughts of organizational psychology. The author developed the article with view of contingency management, view of life cycle and inspirations to organization - culture construction given by the Book of Changes. About view of life cycle, the author mainly discussed thoughts of initialing management in Tun and thoughts of organizational reform in Ge. When about inspirations to organization - culture construction given by the Book of Changes, the author discussed temper force with grace, being prepared for danger in times of safety and harmony between virtue and benefit.

Key words :Book of Changes ; contingency management ; life cycle ; organizational culture