

负荷越大，转换越难 ——来自数字大小交替比较的证据*

宋 婷^{1,2} 丁刚强¹ 曹碧华¹ 杜玮玮² 李富洪^{**1}

(¹ 江西师范大学心理学院, 南昌, 330022)

(² 辽宁师范大学脑与认知神经科学研究中心, 大连, 116000)

摘 要 工作记忆与认知灵活性是执行功能的两个核心成分,但两者之间的关系并不清晰。本研究在一个数字大小交替比较任务中操纵工作记忆负荷,考察转换代价在不同记忆负荷下的差异。结果显示与非转换条件相比,转换条件下的反应时更长,正确率更低。另外,高记忆负荷下的转换代价显著高于低记忆负荷下的转换代价。这些结果表明工作记忆负荷越大,转换越难,代价越大。

关键词 转换代价 工作记忆负荷 认知灵活性

1 前言

当你正在洗衣服时,一阵敲门声传来。于是你去开门。这时又传来婴儿啼哭声,你又赶快去哄她入睡。日常生活中总有各种突发事件,迫使我们从当前的工作转向其它事情。这种根据问题情境的变化自觉改变认知策略,适应新环境和解决新问题的能力即为认知灵活性(Deák & Wiseheart, 2015; Dick, 2014)。认知灵活性在问题解决、阅读理解、顿悟与创造性活动中均扮演重要角色,与学业成绩和工作绩效等息息相关(李美华,白学军,2008; Morgan et al., 2017)。在实验情景中,研究者常用任务切换范式考察认知灵活性(孙天义,肖鑫,郭春彦,2007)。在任务切换中,从一种任务状态转换到另一种任务状态所耗费的资源被称为转换代价,主要体现在反应时的增加和正确率的降低上(孙天义等,2007; Basak & Verhaeghen, 2011)。提高认知灵活性,降低转换代价,首先需要了解影响转换代价的因素。其中,工

作记忆可能是影响转换代价的重要因素之一。

工作记忆是指在信息加工过程中,对信息进行暂时存储和加工的、容量有限的记忆系统。个体通过工作记忆将当前信息与长时记忆中的信息相联系(Baddeley, 2012; Fukuda et al., 2010; Johnson et al., 2013)。工作记忆负荷是个体在执行认知活动时统中同时负载的信息量,个体能够最大记忆负荷即为工作记忆容量(Logan, 2004; Luck & Vogel, 2013)。研究者常用个体在工作记忆广度上的成绩来表示其记忆容量。工作记忆容量是影响中央执行系统工作效率的重要因素(McCabe et al., 2010),它与情景记忆(McCabe et al., 2007)、推理(Barrouillet & Lecas, 1999)、阅读理解(Lustig et al., 2001)和流体智力等(Colom et al., 2004)高级认知有关。工作记忆的灵活资源模型认为工作记忆资源是有限的,按项目特征的多少分配。当记忆项目数量过多时,每个项目分到的资源就相对较少,从而影响记忆精确度(单西娇,李寿欣,2010)。

工作记忆是否影响任务转换?关于这一问题至

* 本研究得到国家自然科学基金项目(31860728, 31571118, 31760285)和江西省社科规划一般项目(17JY09)的资助。

** 通讯作者: 李富洪, E-mail: lifuhong@jxnu.edu.cn

DOI:10.16719/j.cnki.1671-6981.20210205

今存有争议。有的研究者认为转换代价不受工作记忆影响。如 Logan (2004) 使用任务广度程序考察工作记忆与任务转换的关系。实验中先让被试学习任务名称, 然后呈现一系列目标刺激, 要求被试根据学习阶段任务名称的顺序判断当前刺激对应的任务是什么(记忆条件)或执行当前刺激对应的任务要求(操作条件)。结果发现被试对任务名称的单纯记忆广度(不涉及任务转换)与他们的任务操作广度(涉及任务转换)几乎相同, 说明工作记忆相关的存储过程与任务转换相关的执行控制过程相互独立。Liefoghe 及其同事(Liefoghe et al., 2008)用连续广度任务考察被试在记忆不同长度字符串的背景下完成转换任务的情况。实验中首先呈现由 3~6 个元音组成的字符串, 要求被试记住。然后随机呈现数字, 若数字为红色则与 5 比较大小, 若数字为蓝色则判断奇偶。最后要求被试按顺序回忆出字符串所包含的所有元音字母。结果显示任务转换的代价大小不随字符串的长度而变化, 证明工作记忆负荷与转换代价无关。

然而, 另一些研究表明工作记忆与任务转换有紧密联系, 工作记忆资源限制是转换代价的主要来源之一(Pettigrew & Martin, 2016)。如 Baddeley 等人(2001)在双任务实验中要求被试首先完成 10 以内的加法或减法运算, 同时在不同实验条件下完成不同的后续任务。研究发现, 当后续任务在工作记忆负荷上有较大需求时, 被试在加法与减法运算之间的转换代价明显增大。Hester 和 Garavan (2005)在一个工作记忆任务中呈现字母列表, 要求被试记住字母。然后呈现测试字母, 如果字母不是彩色则判断其是否为刚才记忆的一部分; 如果是彩色则要完成后续任务。结果发现, 随着记忆负荷的增加, 被试的任务转换代价随之增加。他们认为随着记忆负荷的增加, 工作记忆系统很难对资源进行合理分配, 导致执行转换功能变得困难。此外, Draheim 等(Draheim et al., 2016)将反应时和正确率整合为一个新的数据(即 Bin 分数)后也发现工作记忆容量与任务转换之间呈现显著正相关。

上述争议可能源于研究方法的差异。具体为如下两类: 一类主要采用相关分析法, 用工作记忆测验与转换能力测验分别对被试进行测试(Draheim et al., 2016), 并对工作记忆与转换成绩之间的相关关系进行研究。此类研究主要对比高、低工作记忆容量者转换代价的差异。主要结论是工作记忆与转

换代价之间存在关联。另一类则通过实验方法考察工作记忆与认知灵活性的关系。例如 Liefoghe 等(2008)采用双任务设计, 要求被试完成记忆任务与转换任务, 考察工作记忆与任务转换之间的关系。最后得出记忆负荷对转换代价没有影响, 但任务转换却损害了工作记忆的维持。

在实验法的研究中, 其结论也存在争议。我们认为可能的原因是研究者操纵了工作记忆的不同成分。当增大工作记忆保持成分的负荷时, 对任务切换没有影响(Liefoghe et al., 2008); 相反, 如果增大工作记忆中央执行控制成分的负荷, 则会对任务切换产生较大影响(Baddeley et al., 2001; Hester & Garavan, 2005)。为进一步验证这一可能性, 本研究对数字更新任务(Lendinez et al., 2015)进行改编。数字更新任务是用于测量工作记忆中央执行控制成分的实验范式。实验开始时, 先后呈现一个长方形和一个三角形, 图形中各有一个两位数, 要求被试分别记住形状与内部数字。然后向被试随机呈现 10 个带有数字的三角形或长方形。若呈现的数字比先前相同形状内的数字小, 则记忆新数字, 不断进行更新, 最后将记忆中的最小数字分别填入对应的图形中。该研究主要用于考察工作记忆更新, 但同时也涉及认知转换。因此我们在此基础上, 将数字更新任务改编为数字大小比较任务。记录被试每个试次的正误与反应时并计算其转换代价。此外, 将实验分为低负荷和高负荷两种条件, 以考察不同记忆负荷下转换代价的差异。

2 方法

2.1 被试

来自某大学的 18~24 岁大学生共 56 名, 其中男生 26 人, 女生 30 人($M=20.39$ 岁, $SD=1.55$ 岁), 视力正常或矫正后正常。被试均签署知情同意书, 完成实验后得到一份小礼物。

2.2 工具、材料与程序

实验分为两个部分。第一部分为低负荷任务(图 1 上), 实验材料由一个正方形或六边形与形状内的两位数组成。首先, 在屏幕中央呈现一个 500 ms 的注视点“+”。500~800 ms 的随机空屏后。接着在屏幕中央依次向被试呈现两个记忆刺激, 先呈现一个正方形, 要求被试记住形状与内部的两位数, 记住后按空格键继续。然后呈现一个六边形, 依然要求被试记住形状与内部的两位数。为使不同的标

准刺激的特征有明显的差异,不同形状内的数字的十位数也各不相同。被试记住每一形状与数字后按空格键继续。接着随机呈现12个正方形或六边形的比较刺激,要求被试又快又准地将当前刺激与之前记忆过的相同形状中的数字进行大小比较,如果大于之前记忆的数字则按“J”键,反之则按“F”键。若2000 ms内未做出反应,则自动进入下一试次。每两个比较刺激间均有一个500 ms的注视点和500–800 ms的随机空屏。第一部分共有24组,每组进行12次比较,共288个trial。

第二部分为高负荷任务(图1下),实验材料由一个正方形、六边形、圆形与两位数组成。首先呈现正方形、六边形与圆形的记忆刺激,要求被试记忆不同图形及相应的两位数。接着随机呈现18个正方形、六边形或圆形的比较刺激,其它部分与第一部分相同。第二部分共有16组,每组进行18次比较,共288个trial。每组中不同形状的刺激数量,转换与非转换的次数均保持相同。高低负荷下的试次数相同,都为288个。各标准刺激与比较刺激之间数字距离均控制在3或3以下,且在各种负荷条件下采用相同大小的数字。

在转换条件中,上一刺激与当前刺激的形状不同,需要转换记忆信息,用适当的标准数字进行比较。在非转换条件中,上一个刺激与当前刺激的形状相同,不需要转换当前信息就可以直接比较。实

验第一部分为低负荷条件,需要记忆的形状和对应的两位数为两对,实际共6个记忆单位,即2个形状信息和4个数字信息。实验第二部分为高负荷条件,需要记忆的形状和对应的两位数为三对,实际共9个记忆单位,即3个形状信息和6个数字信息。

两种记忆负荷任务交叉进行。先进行4组低负荷练习(若进行4组练习后被试仍不能熟悉规则,则继续练习到熟悉为止),然后进行12组正式实验。休息5分钟后,进行4组高负荷练习,然后进行8组正式实验。休息5分钟后进行2组低负荷练习,然后进行12组正式实验。再休息5分钟后进行2组高负荷练习,然后进行8组正式实验。总时长约1小时。

3 结果

首先剔除练习数据、正式实验中反应错误的的数据与反应时在3个标准差以外的数据。然后对剩下数据进行2(转换、非转换)×2(高负荷、低负荷)的重复测量方差分析。所有因素均为被试内设计。反应时与正确率见表1。

3.1 反应时

方差分析结果表明转换主效应显著, $F(1, 55) = 18.52, p < .001, \eta^2 = .76, d = 1.4$ 。被试在转换条件下的反应时(966 ms)显著长于非转换条件下的反应时(824 ms),表现出明显的转换代价。负荷主效应显著, $F(1, 55) = 4.12, p < .05, \eta^2 = .83, d = .29$ 。被试在高记

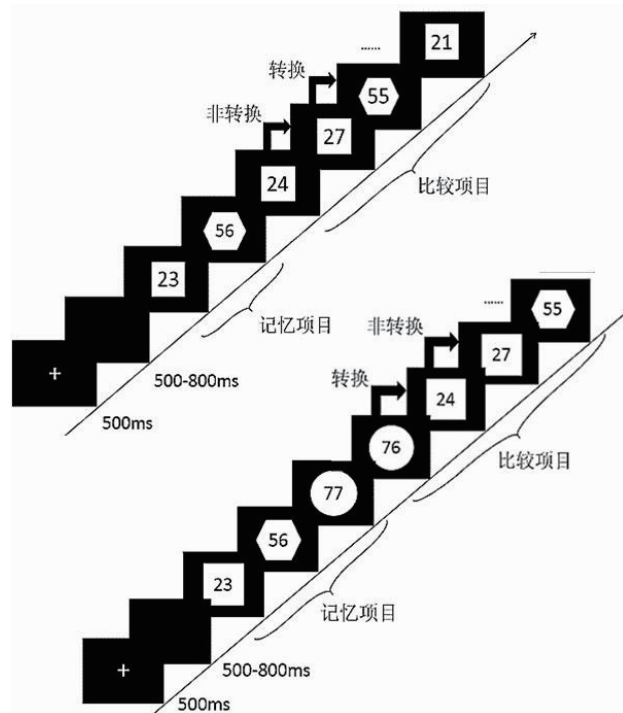


图1 数字大小交替比较任务流程图(上为低负荷条件,下为高负荷条件)

表 1 各条件下的反应时 (ms) 与正确率 (%)

		高负荷		低负荷	
		<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
转换	反应时	999	127	932	113
	正确率	90.1	6.4	91.7	4.8
非转换	反应时	821	91	828	81
	正确率	94.2	3.0	94.8	3.5

忆负荷条件下的反应时 (910 ms) 显著长于低记忆负荷条件下的反应时 (880 ms)。负荷与转换的交互作用显著, $F(1, 55) = 6.95, p < .01, \eta^2 = .43$ 。简单效应分析结果显示, 在转换条件下高负荷的反应时 (999 ms) 显著长于低负荷的反应时 (932 ms) [$F(1, 55) = 6.02, p < .001, \eta^2 = .76, d = .56$]; 但在非转换条件下, 高低负荷的反应时无显著差异 ($p > .05$)。用转换条件下的反应时减去非转换条件下的反应时得到转换代价。高负荷下的转换代价 (178 ms) 显著高于低负荷下的转换代价 (105 ms) [$F(1, 55) = 8.16, p < .001, \eta^2 = .57, d = .61$]。这些结果表明工作记忆负荷越大, 转换反应时越长, 转换代价越大。

3.2 正确率

转换主效应显著, $F(1, 55) = 7.57, p < .001, \eta^2 = .47, d = .66$ 。转换条件下的正确率 (90.9%) 显著低于非转换条件下的正确率 (94.5%)。负荷主效应显著, $F(1, 55) = 2.85, p < .05, \eta^2 = .69, d = .68$ 。被试在高负荷条件下的正确率 (92.2%) 显著低于其在低负荷条件下的正确率 (93.3%)。负荷与转换的交互作用显著, $F(1, 55) = 4.58, p < .05, \eta^2 = .37$ 。简单效应分析结果显示, 在转换条件下高负荷的正确率 (90.1%) 显著低于低负荷的正确率 (91.7%) [$F(1, 55) = 2.32, p < .05, \eta^2 = .64, d = .35$]; 但在非转换条件下, 高低负荷的正确率无显著差异 ($p > .05$)。此结果表明, 工作记忆负荷越大, 转换正确率越低, 转换代价越大。

4 讨论

工作记忆与认知灵活性是执行功能的两大成分, 二者之间的关联性在一些采用相关分析法的研究中被证实。Voigt 和 Hagendorf (2002) 发现, 能够灵活切换的人往往在工作记忆测验中表现得更好。Basak 和 Verhaeghen (2011) 的研究也表明, 转换代价随工作记忆负荷增加而增大。Draheim 等 (2016) 将被试在任务转换试次的反应时和正确率整合为一个新的数据, 重新分析了 Oberauer 等 (2003) 所做的关于工作记忆容量和任务转换关系的实验数据, 发现工作记忆容量越高的个体其转换成绩更好。

然而, 实验研究却得出了不一致的结论。我们认为结论争议的原因之一是研究者操纵了工作记忆不同的成分。我们认为, 工作记忆的中央执行控制成分可能与认知灵活性紧密相关, 会影响试次转换。为进一步验证这种可能性, 我们改编数字更新任务 (Lendínez et al., 2015), 设置高低工作记忆负荷两种条件, 并与转换任务相结合, 考察不同记忆负荷下被试完成转换任务与非转换任务的反应时和正确率的差异。结果发现, 无论是高记忆负荷任务还是低记忆负荷任务, 被试在转换条件下均表现出更长的反应时与更低正确率, 证明转换试次中存在转换代价, 与前人研究结果一致 (Rubin & Meiran, 2005; Yin et al., 2015)。在连续进行一系列认知活动时, 由于工作记忆资源的限制, 注意焦点往往在同一时间只能保持在少数几个项目上, 不能同时把认知活动中的所有相关信息都动态地保持在工作记忆中 (方伟军等, 2007; Basak & Verhaeghen, 2011)。在复杂认知活动中, 选择性注意提取与当前任务相关的加工对象, 将其置于注意焦点内, 而其它与当前任务无关的信息则被抑制在注意之外 (刘志英, 库逸轩, 2017)。在本研究中, 被试需要将注意资源在竞争的信息间进行转换与重新分配, 抑制上一任务的相关信息并激活当前任务的相关信息, 这一过程使转换反应时延长而正确率下降, 从而产生转换代价。

与我们的假设一致, 高记忆负荷下的转换反应时显著长于低记忆负荷下的转换反应时, 正确率显著低于低记忆负荷下的正确率。即高记忆负荷下的转换代价显著大于低记忆负荷下的转换代价。以上结果表明工作记忆负荷是转换代价的主要来源之一。在完成数字大小交替比较任务时, 个体需要加工数量与形状信息并保存在工作记忆中。工作记忆中存储的这些信息又会自上而下地捕获注意, 引导注意选择 (胡艳梅等, 2013; Olivers et al., 2011), 由工作记忆系统不断地交替提取与当前刺激具有相同形状的记忆刺激进行比较。而这一不断存储、转换、提取信息的过程, 会增大工作记忆的中央执行控制

成分对认知资源的需求（方伟军等, 2007）。在转换任务中, 转换代价不是恒定不变的, 而是随着工作记忆负荷, 特别是中央执行控制负荷的增大而增大的（Hester & Garavan, 2005）。

如果不改变中央执行控制成分的负荷大小, 只增加被试工作记忆的负荷, 则不大可能影响任务转换的代价。例如, Liefoghe 等（2008）发现工作记忆负荷不影响任务切换。在 Liefoghe 的实验中, 被试需要分别完成字母列表的记忆任务与数字加工任务。其工作记忆的要求仅仅是记住若干字母, 对中央执行控制要求低, 导致所记项目的多少并不影响数字加工任务中的切换代价。Logan（2004）的研究也证明, 工作记忆的存储过程与任务切换是两个相互独立的过程。相反, 在本研究中, 高低工作记忆负荷不仅在记忆项目的数量上存在差异, 也在工作记忆的中央执行控制成分上存在差异, 具体来说, 在低负荷条件下, 被试只需在两个形状及相应数字之间进行转换; 在高负荷条件下, 被试需要在三个形状及相应数字之间进行转换。转换项目数量的增加可能会明显增大工作记忆中央执行控制系统的需求, 从而导致有限的认知资源在执行转换过程时明显减少, 进而增大转换代价。

5 结论

（1）在数字大小交替比较任务中存在转换代价。当两个连续试次的比较数字对应的形状不同时, 转换试次导致反应时更长, 正确率更低。（2）工作记忆的中央执行控制成分可能是影响转换代价的主要因素, 执行控制的负荷越大, 转换代价越大。

参考文献

- 方伟军, 林杰才, 金志成. (2007). 工作记忆中的注意焦点转换. *心理科学进展*, 15(1), 42-49.
- 胡艳梅, 张明, 徐展, 李毕琴. (2013). 客体工作记忆对注意的导向作用: 抑制动机的影响. *心理学报*, 45(2), 127-138.
- 李美华, 白学军. (2008). 不同学业成绩类型学生执行功能发展. *心理科学*, 31(4), 866-870.
- 刘志英, 库逸轩. (2017). 知觉表征精度对工作记忆中抑制干扰能力的影响. *心理学报*, 49(10), 1247-1255.
- 单西娇, 李寿欣. (2010). 由两个模型看视觉工作记忆容量机制的研究. *心理科学进展*, 18(11), 1684-1691.
- 孙天义, 肖鑫, 郭春彦. (2007). 转换加工研究回顾. *心理科学进展*, 15(5), 761-767.
- Baddeley, A. (2012). Working memory: Theories, models, and controversies. *Annual Review of Psychology*, 63, 1-29.
- Baddeley, A., Chincotta, D., & Adlam, A. (2001). Working memory and the control of action: Evidence from task switching. *Journal of Experimental Psychology: General*, 130(4), 641-657.
- Barrouillet, P., & Lecas, J. F. (1999). Mental models in conditional reasoning and working memory. *Thinking and Reasoning*, 5(4), 289-302.
- Basak, C., & Verhaeghen, P. (2011). Aging and switching the focus of attention in working memory: Age differences in item availability but not in item accessibility. *Journals of Gerontology: Series B*, 66B(5), 519-526.
- Colom, R., Rebollo, I., Palacios, A., Juan-Espinosa, M., & Kyllonen, P. C. (2004). Working memory is (almost) perfectly predicted by g. *Intelligence*, 32(3), 277-296.
- Deák, G. O., & Wiseheart, M. (2015). Cognitive flexibility in young children: General or task-specific capacity? *Journal of Experimental Child Psychology*, 138, 31-53.
- Dick, A. S. (2014). The development of cognitive flexibility beyond the preschool period: An investigation using a modified Flexible Item Selection Task. *Journal of Experimental Child Psychology*, 125, 13-34.
- Draheim, C., Hicks, K. L., & Engle, R. W. (2016). Combining reaction time and accuracy: The relationship between working memory capacity and task switching as a case example. *Perspectives on Psychological Science*, 11(1), 133-155.
- Fukuda, K., Vogel, E., Mayr, U., & Awh, E. (2010). Quantity, not quality: The relationship between fluid intelligence and working memory capacity. *Psychonomic Bulletin and Review*, 17(5), 673-679.
- Hester, R., & Garavan, H. (2005). Working memory and executive function: The influence of content and load on the control of attention. *Memory and Cognition*, 33(2), 221-233.
- Johnson, M. K., McMahon, R. P., Robinson, B. M., Harvey, A. N., Hahn, B., Leonard, C. J., & Gold, J. M. (2013). The relationship between working memory capacity and broad measures of cognitive ability in healthy adults and people with schizophrenia. *Neuropsychology*, 27(2), 220-229.
- Lendínez, C., Pelegrina, S., & Lechuga, M. T. (2015). Age differences in working memory updating: The role of interference, focus switching and substituting information. *Acta Psychologica*, 157, 106-113.
- Liefoghe, B., Barrouillet, P., Vandierendonck, A., & Camos, V. (2008). Working memory costs of task switching. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 34(3), 478-494.
- Logan, G. D. (2004). Working memory, task switching, and executive control in the task span procedure. *Journal of Experimental Psychology: General*, 133(2), 218-236.
- Luck, S. J., & Vogel, E. K. (2013). Visual working memory capacity: From psychophysics and neurobiology to individual differences. *Trends in Cognitive Sciences*, 17(8), 391-400.
- Lustig, C., May, C. P., & Hasher, L. (2001). Working memory span and the role of proactive interference. *Journal of Experimental Psychology: General*, 130(2), 199-207.
- McCabe, D. P., Roediger III, H. L., McDaniel, M. A., Balota, D. A., & Hambrick, D. Z. (2010). The relationship between working memory capacity and executive functioning: Evidence for a common executive attention construct. *Neuropsychology*, 24(2), 222-243.
- McCabe, D. P., Smith, A. D., & Parks, C. M. (2007). Inadvertent plagiarism in young and older adults: The role of working memory capacity in reducing memory errors. *Memory and Cognition*, 35(2), 231-241.

- Morgan, P. L., Li, H., Farkas, G., Cook, M., Pun, W. H., & Hillemeier, M. M. (2017). Executive functioning deficits increase kindergarten children's risk for reading and mathematics difficulties in first grade. *Contemporary Educational Psychology*, 50, 23–32.
- Oberauer, K., Süß, H. M., Wilhelm, O., & Wittman, W. W. (2003). The multiple faces of working memory: Storage, processing, supervision, and coordination. *Intelligence*, 31, 167–193.
- Olivers, C. N. L., Peters, J., Houtkamp, R., & Roelfsema, P. R. (2011). Different states in visual working memory: When it guides attention and when it does not. *Trends in Cognitive Sciences*, 15(7), 327–334.
- Pettigrew, C., & Martin, R. C. (2016). The role of working memory capacity and interference resolution mechanisms in task switching. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 69(12), 2431–2451.
- Rubin, O., & Meiran, N. (2005). On the origins of the task mixing cost in the cuing task-switching paradigm. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 31(6), 1477–1491.
- Voigt, S., & Hagendorf, H. (2002). The role of task context for component processes in focus switching. *Psychologische Beiträge*, 44(2), 248–274.
- Yin, S. H., Wang, T., Pan, W. G., Liu, Y. J., & Chen, A. T. (2015). Task-switching cost and intrinsic functional connectivity in the human brain: Toward understanding individual differences in cognitive flexibility. *PLoS ONE*, 10(12), e0145826.

More Load, More Difficult in Shifting ——Evidence from a Digital Alternate Comparison Task

Song Ting^{1,2}, Ding Gangqiang¹, Cao Bihua¹, Du Weiwei², Li Fuhong¹

(¹Department of Psychology, Jiangxi Normal University, Nanchang, 330000)

(² Department of Brain and cognitive neuroscience research center, Liaoning Normal University, Dalian, 116000)

Abstract Working memory (WM) and cognitive flexibility are the two major components of executive function. Does working memory affect task shifting? This issue is still controversial. Some researchers had found that the switching cost was not affected by working memory, so working memory was not associated with cognitive flexibility. However, other researches had shown that working memory was closely related to task shifting and resource constraint of working memory was one of the main sources of switch cost. So far, most studies on the relationship between working memory and task switching have adopted the dual-task paradigm. The main reason of the contradictory results was that different investigators manipulated different components of working memory in the experiment. If the researchers increased the load on the central executive component of working memory in the experiment, it would have a significant impact on task switching. On the contrary, task switch cost in the experiment would not be affected by working memory load when other components of WM are manipulated.

To further test this hypothesis, a Digital Updating Task (DUT) was adapted into a Digital Alternate Comparison Task (DACT). The goal of the present study is to address the interaction between working memory and task shifting by using Digital Alternate Comparison Task (DACT). Fifty-six college students aged 18-24 were tested through the DACT. The task was divided into high working memory load and low working memory load. In the study phase, participants were presented with two or three initial items, one for each figure (hexagon, square or circle). Participants were instructed to memorize the number for each shape. Then, they would be displayed with a series of new items. For each new item, participants had to compare the number for the same shape with initial item. Through the regulation of working memory load, observing the changing of switch cost under different working memory load level. According to previous researches on the correlation between working memory and task shifting. We hypothesized that the reaction time was longer under the switching condition and switch cost increased with the working memory load.

The results showed that reaction time under switching condition was significantly higher than that under non-switching condition. The accuracy under switching condition was significantly lower than that under non-switching condition. This indicated that there was more significant accuracy and reaction time deficits under the switching condition. What's more, the reaction time in switching condition under high working memory load was significantly longer than that under low working memory load. The accuracy under high working memory load was significantly lower than that under low working memory load. And the switch cost under high working memory load was also significantly higher than that under low working memory load. This indicated that the switching cost increased along with working memory load. We discussed and analyzed the experimental results with the limited theory of attention resources in details.

These findings suggested that switch cost existed in DACT. The bigger the working memory load, the larger the shifting cost is. That is, these findings further confirmed the close relationship between working memory and cognitive flexibility.

Key words switch cost, working memory load, cognitive flexibility