

平行竞争还是序列加工？ ——来自空间关系推理的脑电证据*

满 娇¹, 胡竹菁²

(1. 长治医学院精神卫生系, 长治 046000; 2. 江西师范大学心理学院, 江西省心理与认知科学重点实验室, 南昌 330022)

摘 要:本研究应用事件相关电位技术探讨推理的双重加工理论中两个系统 T1 与 T2 之间的相互作用关系。研究假设逻辑推理者(LR)的推理过程启动 T2 系统,而非逻辑推理者(IR)在推理过程中会启动 T1 系统,工作记忆的参与与否作为区分 T1 与 T2 系统的指标。研究结果显示空间关系三段论推理可分为识别-对比-推导-保持四个阶段,两类推理者在推导阶段与结果保持阶段存在明显差异。LR 的推导与保持阶段需要工作记忆广泛参与,而 IR 的推导过程主要进行视觉操作,在保持阶段抑制信念冲突,这个过程不依赖工作记忆。这表明 LR 的推理过程主要启动 T2 系统,IR 的推理过程有 T1 系统参与,对信念与逻辑冲突的探测不需要 T2 参与,符合混合模型。

关键词:ERP; 双重加工理论; 逻辑推理者; 非逻辑推理者; 混合模型

中图分类号:B842.5

文献标识码:A

文章编号:1003-5184(2019)06-0514-07

1 引言

人类的推理过程为什么不遵守逻辑规则? 为了回答这个问题,研究者们提出过多种理论假说,近年来双重加工理论(dual-process theory)被广泛认可,它指出人们在推理中会运用两种不同的加工系统,T1 是一个快速的、自动的、无意识的、不需要认知资源的启发式加工系统;T2 则是一个慢速的、控制的、有意识的、需要认知资源的分析式加工系统(Evans, 2003, 2006),两个系统的主要区别在于是否需要工作记忆资源的参与(Evans, 2013a)。但是关于两个系统间的相互作用关系以及发生顺序仍然有很多争议,目前有三类主要的观点:序列加工模型(Serial processing model)、平行竞争模型(Parallel competitive model)以及混合模型(Hybrid model)(艾炎, 胡竹菁, 2018)。序列加工模型认为人们的推理过程最初只激活 T1, T2 在推理过程后期才会激活(Evans, 2013b; Kahneman, 2011);平行加工理论认为从推理过程的开始,这两个系统总是同时被激活(Epstein, 1994; Sloman, 1996);混合模型假定以往认为由 T2 执行的反应也可以由 T1 给出提示, T1 会产生不同类型的直觉反应,这样在推理过程的早期就可以发现它们之间可能存在的冲突,而不需要 T2 系统缓慢的操作(De Neys, Moyens, & Vansteenwegen,

2010; De Neys & Glumicic, 2008; Pennycook, Fugelsang, & Koehler, 2015)。

信念冲突范式(Evans, Barston, & Pollard, 1983; Evans, Barston, & Pollard, 1983; Markovits & Nantel, 1989)是双重加工理论的研究范式之一。行为研究多以正确率和反应时为指标说明 T1 与 T2 两个系统的相互作用,但是并不能有效揭示其内在认知过程。对推理活动的认知脑机制研究为双重加工理论提供了进一步证据。Goel 和 Dolan (2003)应用 fMRI 技术对熟悉与不熟悉材料的推理过程的研究结果发现了两种神经通路与两个系统的活动有关。Banks 和 Hope (2014)用 ERP 技术对三段论推理的结论阶段进行研究,认为早期成分 N2 与 P3 的波幅在信念与逻辑冲突时更高,冲突的探查在推理的早期就已经出现,两个加工系统是平行的关系;而 Bago 等 (2018)对基础比率(base-rate)问题的研究得到了类似的结果,他们认为 T1 同时处理基于启发式的信念(如刻板印象)和基本逻辑-数学原理(如基本比率)的反应,支持混合模型。

近年来随着对推理加工机制深入研究,心理学家们发现个体差异不容忽视。Goodwin 和 Johnson-Laird (2005)对关系推理的研究总结人类推理的原则中提到人们在关系推理时会不由自主的应用自己

* 基金项目:长治医学院科技启动基金项目(QDS201602),国家自然科学基金项目(31460252)。

通讯作者:胡竹菁, E-mail: huzjing@jxnu.edu.cn。

的策略。De Neys 和 Bonnefon (2013) 认为人类推理过程的偏差存在个体差异,这与存储、操作、抑制三个关键操作有关。个体对信念与逻辑的冲突探测 (conflict - detection) 能力受到其逻辑知识的限制 (De Neys & Bonnefon, 2013; Frey, Johnson, & De Neys, 2018)。胡竹菁 (2015) 从推理的影响因素角度,提出“推理题与推理知识双重结构模型”,认为人类的推理加工过程中存在着两种结构,即“推理题的内在结构”和“推理者的推理知识结构”。推理者的知识结构有两方面:一是根据是否理解推理题的逻辑框架知识将推理者区分为理性 - 非理性推理者;二是根据是否具有推理材料内容的知识将推理者区分为逻辑 - 非逻辑推理者。逻辑与非逻辑推理者都可以是理性推理者,其区别在于推理者是否倾向于按照试题的逻辑关系进行推理,非逻辑推理者更可能受到推理内容的影响按照知识经验进行推理。本文作者认为逻辑推理者倾向于 T2 分析式系统而非逻辑推理者倾向于 T1 启发式系统。

本研究应用 ERP 技术以空间关系三段论为实验材料,采用信念 - 冲突范式探讨 T1 与 T2 系统的作用关系。研究依据被试的知识背景将其分成不熟悉题目内容的逻辑推理者 (logical reasoner, LR) 与熟悉题目内容的非逻辑推理者 (illogical reasoner, IR) 两组。那么,LR 由于缺少内容知识只采用 T2 系统,工作记忆参与程度高;IR 由于熟悉推理内容,更倾向于 T1 系统。当信念与逻辑冲突时,IR 的推理活动会受到信念影响;LR 的推理活动不受信念影响,工作记忆参与程度高。

2 研究方法

2.1 实验材料

在某大学内发放 60 份问卷,对国内 200 个两字城市名的熟悉度进行百分制评分。根据评分结果选取得分最高的 24 个地名 (北方、中部和南方各 8 个地名) 作为实验材料编写空间关系三段论 (A 在 B 的北边, B 在 C 的北边, 则 A 在 C 的北边)。题目选取有效可信 (valid and believable, VB) 与无效可信 (invalid but believable, IB) 两种推理任务与基线任务,共三种题型:(1) 有效可信 (VB), 信念与逻辑一致,如“青岛在苏州的北边,苏州在厦门的北边,”逻辑上可以推出“青岛在厦门的北边”;(2) 无效可信 (IB), 信念与逻辑不一致,例如“青岛在厦门的北边,苏州在厦门的北边”,在逻辑上无法推出青岛与苏州的确切关系,但是在信念上可以推出“青岛在

苏州北边”的可信结论;(3) 基线任务,两个前提之间没有逻辑关系只进行记忆保持,如“厦门在青岛的南边,广州在武汉的南边”。平衡所有城市出现的频率,三类推理任务各编制 64 道题,共 192 道题。另外,为了防止被试产生练习效应,设计 32 道填充题目。抽取每组题目数的 1/16 编制练习题,正式实验共 210 道题。为了简化推理者阅读题目的过程,突出加工过程,实验题目以图表 (Boudreau & Pigeau, 2001) 形式呈现 (图 1), 图片中地名间的空间关系与地图坐标相同,只涉及上北下南两个方位。

2.2 研究对象

在国内某高校内向本科生与研究生随机发放中国地理填图测验 200 份,有效回收 198 份。测验为计时测验,总分为 100 分。测验平均得分 54 分,平均答题时间 12.6 分钟。将测验得分等级排序,选取分布两端 20%,划分高分与低分组。低分组 35 人,高分组 (作答时间小于 10 分钟) 仅 19 人。低分组缺少城市空间分布知识,不受信念影响只进行逻辑加工,为逻辑推理者 (LR); 反之高分组知识信念会影响推理过程,为非逻辑推理者 (IR)。共 31 人完成实验,剔除有效试次不足被试,最终获得 LR 组 (6 男 6 女) 与 IR (7 男 5 女) 各 12 人,均为右利手,矫正视力 1.2 以上,无逻辑学背景。被试平均年龄 21.5 岁,组间差异不显著 ($p > 0.546$)。

2.3 实验程序与任务

实验包括三个部分:练习、正式实验与访谈。为保证被试熟悉实验程序,每位被试充分练习后进行正式实验,要求被试“判断结论是否能从前提中推到得出,是请按 1 键,否请按 4 键”,刺激呈现流程见图 1。正式实验共 30 分钟,每隔 6 分钟休息 1 分钟,每名被试完成两次正式实验,间隔 15 分钟,每名被试在每个实验条件下获得 120 个 trial。实验时被试手持反应按键静坐于实验室内,距离电脑屏幕 1m 左右,水平视角控制在 3 度以内,控制光线与室温等实验条件保持基本一致。

正式实验结束后主试对被试进行简短的访谈“请问你是如何做题的?”,要求其反省认知加工过程,记录被试的回答。

2.4 脑电收集与记录

采用美国 Neuroscan 公司生产的 128 导脑诱发电位仪 (SynAmps 放大器), 参照 10 - 10 国际脑电记录系统扩展的 64 导电极帽采集 EEG, 并以 CZ 与 CPZ 之间的头顶电极作为参考电极,前额接地,双眼

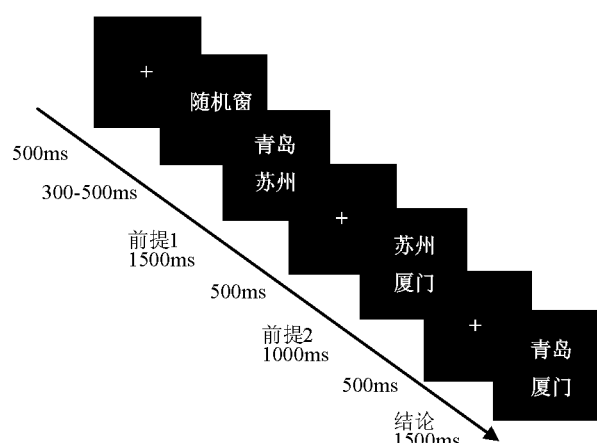


图1 空间推理任务呈现方式与刺激流程图

外侧安置电极记录水平眼电 (HEOG), 左眼上下安置电极记录垂直眼电 (VEOG)。脑电采集的采样为 A/D 采样, 采样频率为 1000Hz, 带宽为 0.05 - 100Hz, 每个电极处的头皮电阻保持在 5k Ω 以下。完成连续记录 EEG 后采用 Neuroscan4.3.1 离线 (off line) 处理数据, 离线分析采用两侧乳突后作为参考, 自动校正 VEOG 和 HEOG, 并充分排除其他伪迹。实验题目伪随机排列, 刺激由 Stim2 软件 (Neuroscan, Gentask 程序, 版本号 2.0) 以图片格式呈现, 像素 236 * 236, 分辨率 150dpi。

根据以往研究 (张庆林, 罗俊龙, 邱江, & 怀章翠, 2010; Luo, Yang, Du, & Zhang, 2011; 张庆林, 罗俊龙, 邱江, 怀章, 2010; 张小将, 刘昌等, 2012), 结合被试报告选取前提 2 呈现前 100ms 至呈现后 2000ms 进行时程 (epoch) 分析, 无相移数字滤波为 0.1 - 30Hz, 24dB/oct; 基线校正为 -100 ~ 0ms; 波幅超过 $\pm 100\mu V$ 被视为伪迹自动剔除。

2.5 数据分析与统计方法

根据实验目的、总平均图以及电压地形图, 选取大脑前中后部 9 个记录点 (F3、FZ、F4、C3、CZ、C4、P3、PZ、P4), 并将电极位置分成前中后、左中右两组, 得到分组 (LR 与 IR) \times 任务类型 (VB、IB 和基线) \times 记录点前中后 \times 记录点左中右四因素混合设计。选取正确的试次叠加平均, 对实验结果进行重复测量的方差分析, P 值采用 Greenhouse Geisser 法校正, 事后多重比较结果进行 Bonferroni 校正。

3 结果

3.1 行为数据

本研究记录了结论出现阶段, 两组被试对三种任务类型进行判断的正确率和反应时, 结果见表 1。对正确率进行重复测量的方差分析, 结果发现组间

效应与任务类型主效应均不显著 ($p > 0.05$; $p = 0.053$)。对反应时进行重复测量的方差分析, 任务类型主效应显著 ($F(2, 44) = 3.328, p < 0.05, \eta^2 = 0.131$), 事后多重比较发现任务类型 VB 的反应时显著小于基线任务 ($p < 0.05$), VB 反应时虽然小于 IB 但是并未达到显著水平 ($p > 0.05$)。IR 在各类任务的平均反应时普遍小于 LR 组但是组间差异不显著 ($p > 0.05$), 交互作用不显著。

表 1 两组被试三种任务的平均正确率与平均反应时

分组	任务类型	平均正确率 (%)	平均反应时 (ms)
LR 组	VB	0.89 \pm 0.08	867.59 \pm 227.80
	IB	0.85 \pm 0.10	924.82 \pm 290.70
	基线任务	0.84 \pm 0.16	974.65 \pm 226.15
IR 组	VB	0.93 \pm 0.04	778.49 \pm 233.57
	IB	0.89 \pm 0.08	850.28 \pm 275.24
	基线任务	0.85 \pm 0.13	848.09 \pm 230.50

3.2 访谈结果

清楚描述自己的认知加工过程, 91.67% 的被试可以, 其加工过程基本一致“记住第一个前提, 看到第二个前提后与第一个进行比对, 在头脑中推导出一个结果, 在结论出现后进行比对”。根据被试报告, 推理过程发生在前提 2 呈现后, 在结论出现后只进行结果比较与判断。被试的加工过程可以概括为“识别 - 对比 (前提) - 推导 - 保持 - 对比 (结论)”的过程。

3.3 脑电数据

实验发现三种任务在刺激呈现后诱发了类似的 ERP 波形, 刺激呈现后 200ms 左右出现早期正成分 P2, 300 - 500ms 出现明显的负成分, 700ms 后出现晚期负成分 LNC。根据总平均图的特点对刺激后 300 - 2000ms 的 ERPs 进行分段, 采用平均波幅法对 P2 成分以及 300 - 500ms, 500 - 700ms, 700 - 900ms, 900 - 1200ms, 1200 - 2000ms 时间窗口进行重复测量的方差分析。

P2 为刺激呈现后出现的早期正成分, 其潜伏期分别在 200ms 左右。对其平均波幅进行重复测量的方差分析, 结果表明 P2 成分三种任务类型主效应显著 ($F(2, 44) = 8.168, p < 0.001, \eta^2 = 0.613$), 事后多重比较发现基线任务与推理任务 VB、IB 差异显著, 两类推理任务差异不显著, 记录点位置主效应不显著 ($F(8, 176) = 0.349, p > 0.05$)。但是从组平均的波形图上 (图 2) 可以看到两个被试组 LR 组与 IR 组在 100ms 诱发形态非常相似的负成分, 在 P2 成分上 LR 组相对于 IR 组诱发了更加明显的尖峰。

在 300 - 500ms 时窗内诱发了明显的负成分, 潜

伏期在400ms左右。对平均波幅进行重复测量方差分析得到记录点前中后位置主效应显著($F(2,44) = 7.855, p < 0.01, \eta^2 = 0.263$),进一步分析得到记录点位置前部与中后部差异显著,记录点位置左中右主效应显著($F(2,44) = 7.879, p < 0.01, \eta^2 = 0.286$),左右两侧的记录点比中部有更高的激活;任务类型主效应显著($F(2,44) = 12.724, p < 0.001, \eta^2 = 0.366$),事后比较结果经 Bonferroni 校正后,基线任务波幅显著高于 VB、IB 两类推理任务,两类推理任务间差异不显著($p = 0.091$),组间差异不显著。

在500-700ms时窗内,任务类型的主效应显著($F(2,44) = 5.857, p < 0.01, \eta^2 = 0.210$),对事后比较结果进行 Bonferroni 校正后 VB 与基线任务差异显著($p < 0.01$)、IB 与基线任务不显著($p = 0.082$),VB 与 IB 没有差异;记录点前中后位置主效应显著($F(2,44) = 10.061, p < 0.001, \eta^2 = 0.314$),事后检验结果显示中、后部记录点平均波幅显著大于前部;记录点左中右位置主效应不显著($p > 0.05$);被试组间差异不显著($p > 0.05$);任务类型 × 被试组交互作用显著,简单效应分析发现,任务类型在分组上的简单效应显著,LR 组被试完成三类任务时诱发的脑电波幅差异显著($F(2,44) = 9.46, p < 0.001$),而 IR 组的波幅差异不显著($F(2,44) = 0.45, p = 0.643$)。

在700-900ms时窗内,任务类型主效应显著($F(2,44) = 3.440, p < 0.05, \eta^2 = 0.135$),事后多重比较发现两个推理任务 VB、IB 与基线任务差异不显著,推理任务 VB 与 IB 差异显著,但显著性并不高($p = 0.042$);记录点前中后位置主效应显著($F(2,44) = 15.130, p < 0.001, \eta^2 = 0.407$),进一步分析得到前部的记录点与中、后部记录点差异显著;记录点左中右主效应不显著,组间效应不显著,不存在交互作用。

在900-1200ms时窗内,记录点前中后主效应显著($F(2,44) = 17.030, p < 0.001, \eta^2 = 0.436$),记录点左中右主效应显著($F(2,44) = 7.974, p < 0.01, \eta^2 = 0.266$);组间效应显著($F(1,22) = 4.706, p < 0.05, \eta^2 = 0.176$);任务类型主效应不显著($p > 0.05$);题型 × 记录点前中后位置交互作用显著($F(4,88) = 3.132, p < 0.05, \eta^2 = 0.124$),简单效应检验得到记录点前中后差异在每种题型上均显著,不同题型在脑后部记录点位置存在显著差异。

在1200-2000ms时窗内,记录点前中后、左中右主效应均显著($F(2,44) = 11.639, p < 0.001, \eta^2 = 0.346$; $F(2,44) = 14.183, p < 0.001, \eta^2 =$

0.392),两者的交互作用显著($F(4,88) = 5.298, p < 0.01, \eta^2 = 0.194$);题型 × 记录点左中右 × 分组三个变量的交互作用显著,简单效应检验得到,IR 组被试完成三类任务时在脑后部的左中右位置(P3、Pz、P4)均存在显著差异,LR 组被试仅在完成基线任务时在以上电极位置存在差异。

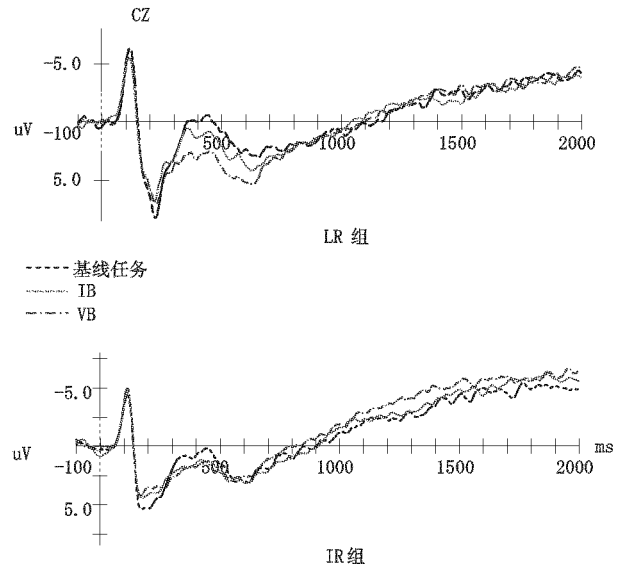


图2 两组推理者三类实验任务的 ERP 波形图

4 讨论

双重加工理论认为在推理过程中会应用 T1、T2 两个加工系统,序列加工过理论认为 T1 系统先于 T2 系统,平行加工理论认为两个系统同时发生作用,混合加工模型认为 T1 系统可以对逻辑-信念冲突探测而不一定依赖 T2 系统。本研究欲通过对比 LR 与 IR 两类推理者在信念逻辑一致与信念逻辑不一致的推理加工过程,探讨双重加工理论中 T1、T2 两个系统的相互作用。研究结果支持混合加工模型。

从行为结果中看到信念逻辑一致的推理任务 VB 反应时最短,三类推理任务的正确率没有明显差异,并且两类推理者的正确率与反应时均没有表现出差异。这在一定程度上反映出推理者更倾向于接受信念与逻辑一致的结果,两类推理者都能够快速高效的完成推理任务。Goel, Makale 和 Grafman (2004)用熟悉与不熟悉材料进行的空间三段论研究结果显示,实验参与者在熟悉材料下的正确率差异不显著,熟悉与不熟悉材料的反应时差异不显著,信念与逻辑一致时的反应时最短,与本研究结果一致。

4.1 推理过程探讨

根据成分对前提2呈现后的 ERPs 进行分段,早期成分 P2、300-500ms 的正成分、500-700ms 的

负成分、700ms 后的 LNC 成分等,分别对应于访谈得到的识别-对比-推导-保持四个阶段。推理者首先对前提 2 的内容进行识别,然后对比两个前提的内容,此时需要注意资源参与。由于基线任务的两个前提包含四个地名没有逻辑关系,对基线任务前提的对比需要更多注意资源,额区记录点激活更明显。500-700ms 推理者根据前提的关系进行视觉空间操作推导结果,两类推理任务比基线任务诱发更大的波幅,而此时的脑区激活也从额区转向了顶枕区。以往的研究可知顶-枕区的联合激活与工作记忆有关 (Smith et al., 1995; Ungerleider, 1995)。700-900ms 时窗内额区记录点又出现明显激活,类似于识别阶段,此时完成推导进入保持阶段,为了有效保持,需要对推导所得结果进行精细识别。Knauff, Mulack, Kassubek, Salih 和 Greenlee (2002) 用 fMRI 技术对空间与条件推理的对比研究发现空间推理过程枕顶-前额叶活跃,与本研究结果类似。

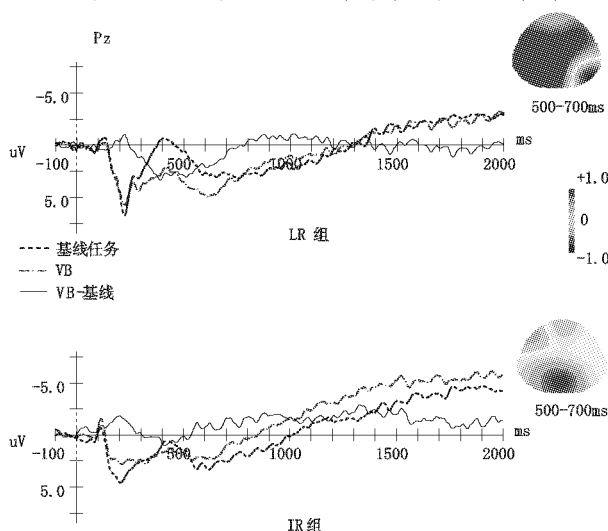


图 3 推理任务与基线任务的差异波脑地形图

4.2 T1 与 T2 系统的作用方式分析

如前文所述,逻辑推理者 LR 没有知识信念的干扰,我们假设 LR 只应用 T2 系统进行推理,而非逻辑推理者 IR 如果没有知识信念的影响应该与 LR 组的推理过程完全相同,然而 IR 由于熟悉城市分布,其知识信念必然影响推理过程导致差异。那么探讨差异发生的时间点能够推论两个加工系统的作用关系。行为结果没有提供两类推理者之间差异的证据,从脑电数据的结果中我们发现在 500-700ms、900-1200ms、1200-2000ms 三个时间窗出现了不同形式的组间差异,这三个时窗分别对应于推导与保持阶段。本研究中推理前提全部是符合信念的,只有在推导出结果后才能够产生信念与逻辑的冲突,因此如果存在信念与逻辑冲突,那么对冲突

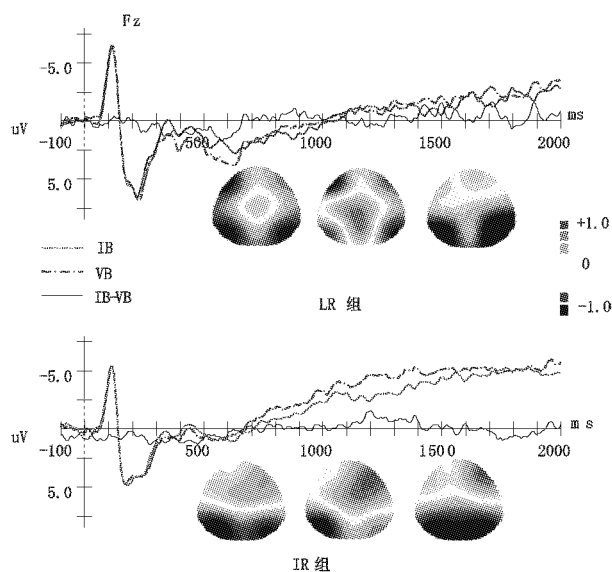


图 4 两类推理者 VB 与 IB 的差异波脑地形图的探测应该在保持阶段。

500-700ms 时窗内,推理者对推理任务的两个前提进行推导,对基线任务的前提记忆保持。LR 完成三类任务加工时大脑激活差异显著,这表明对于 LR 来说完成不同类型的任务时工作记忆脑区参与程度不同,完成推理任务比基线任务占用更多工作记忆资源,由此推测 LR 组在推导阶段更依赖 T2 系统。与之相反,IR 在推导过程中,三类任务的大脑激活没有差异,也就是说 IR 完成推理任务与基线任务认知负荷相同,这说明 IR 在完成推理任务时采用更自动化的操作,较少依赖于工作记忆,由此推断其推导阶段依赖 T1 系统。从推理任务与基线任务的差异波脑地形图可以看出,两类推理者脑区激活差异较大 (图 3)。相比于记忆保持任务,在推理任务下 LR 在额、顶区与左侧大部分脑区有非常广泛的正向激活;IR 在枕区中部激活比较明显,枕区的激活表明 IR 的推理活动依赖视觉空间操作 (Ruff, Knauff, Fangmeier, & Spreer, 2003)。

LNC 成分与工作记忆 (Mecklinger & Pfeifer, 1996) 以及对错误信念的抑制有关 (Wang et al., 2008)。LNC 成分对应于保持阶段,对推导结果进行记忆保持。对比两类推理者完成 IB 与 VB 两类推理任务的差异波脑地形图 (图 4) 可以看到,LR 组在顶区有正向激活,顶区与工作记忆有关 (Smith et al., 1995; Ungerleider, 1995)。从 IR 组 VB 与 IB 两类推理任务的差异波脑地形图可以看到 IB 的 LNC 成分负向趋势低于 VB,这可能是克服信念干扰导致波幅正向偏移 (Wang et al., 2008)。900ms 以后 IR 的右侧前部脑区有广泛而持久的激活,其激活区域从右侧额区逐渐向右侧前额区偏移。Goel 和 Dolan

(2003)对信念中性、信念负载条件下推理活动的fMRI研究结果显示当个体克服信念干扰时右侧前额叶皮质的激活明显。本研究中推理任务IB无法推导出两个地名的确切关系,而现实中每个城市有非常明确的位置,这与IR熟悉的方位知识相冲突,需要对信念进行抑制,这种抑制活动出现在结果保持阶段。同时我们看到对信念的抑制没有激活与工作记忆相关的脑区,由此推测信念抑制可以不依赖工作记忆,这表明在处理冲突时并不需要T2系统参与(Franssens & De Neys, 2009)。

从本研究得到的结果似乎更倾向于混合加工模型,非逻辑推理者对信念的抑制激活右侧额区与前额区,不涉及工作记忆脑区的参与,这与Bago等(2018)的结果类似,但是本研究中信念与逻辑冲突探测出现在推理的后期保持阶段,这与实验题目设置有关。以往研究的实验题目中存在逻辑-信念冲突的前提(Banks & Hope, 2014; Luo et al., 2013),因而信念在推理过程早期便产生影响;而本研究中推理者在推导出结果后才产生信念冲突,因而对冲突的抑制发生在推理后期。另外,本研究通过对推理者分类使两个加工系统分离,从实验结果中看到两类推理者完全不同的大脑激活模式,这种差异可以解释为推理者应用不同的加工系统,但也不能排除两类推理者应用了完全不同的加工策略。此方面的探讨尚不充分,仍需要更多研究论证。

5 结论

本研究通过分析逻辑推理者与非逻辑推理者空间关系推理的脑时程变化,探讨双重加工系统中两个系统T1与T2作用关系。两类推理者的推理过程存在明显差异,逻辑推理者的推理过程更依赖于工作记忆,主要启动T2系统;非逻辑推理者在推导与保持阶段均出现T1系统的启动,对信念的抑制不需要T2系统的参与,符合混合模型。

参考文献

- 艾炎,胡竹菁.(2018).推理判断中双重加工过程的协作与转换机制.《心理科学进展》,26(10),1794-1806.
- 张庆林,罗俊龙,邱江,怀章翠.(2010).范畴三段论推理中信念偏差效应的ERP研究.《心理科学》,33(2),299-302.
- 张小将,刘昌等.(2012).空间推理的脑机制——一项ERP研究.《心理科学》,35(4),842-847.
- Bago, B., Frey, D., Vidal, J., Houdé, O., Borst, G., ... De Neys, W. (2018). Fast and slow thinking: Electrophysiological evidence for early conflict sensitivity. *Neuropsychologia*, 117, 483-490.
- Banks, A. P., & Hope, C. (2014). Heuristic and analytic processes in reasoning: An event-related potential study of belief bias. *Psychophysiology*, 51(3), 290-297.
- Boudreau, G., & Pigeau, R. (2001). The mental representation and processes of spatial deductive reasoning with diagrams and sentences. *International Journal of Psychology*, 36(1), 42-52.
- DeNeys, W., Moyens, E., & Vansteenwegen, D. (2010). Feeling we're biased: Autonomic arousal and reasoning conflict. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, 10(2), 208-216.
- DeNeys, W., & Bonnefon, J. (2013). The 'whys' and 'whens' of individual differences in thinking biases. *Trends in Cognitive Sciences*, 17(4), 172-178.
- DeNeys, W., & Glumicic, T. (2008). Conflict monitoring in dual process theories of thinking. *Cognition*, 106(3), 1248-1299.
- Epstein, S. (1994). Integration of the cognitive and the psychodynamic unconscious. [Journal Article; Research Support, U. S. Gov't, P. H. S.; Review]. *Am Psychol*, 49(8), 709-724.
- Evans, J. S. B. T. (2003). In two minds: Dual-process accounts of reasoning. *Trends in Cognitive Sciences*, 7(10), 454-459.
- Evans, J. S. B. T., & Stanovich, K. E. (2013). Perspectives on Psychological Science. *Perspectives on Psychological Science*, 3(8), 263-271.
- Evans, J. S. B. T., & Stanovich, K. E. (2013b). Theory and metatheory in the study of dual processing: Reply to comments. *Perspectives on Psychological Science*, 8(3), 263-271.
- Evans, J. S. (2006). The heuristic-analytic theory of reasoning: Extension and evaluation. [Journal Article; Research Support, Non-U. S. Gov't; Review]. *Psychon Bull Rev*, 13(3), 378-395.
- Evans, J. S., Barston, J. L., & Pollard, P. (1983). On the conflict between logic and belief in syllogistic reasoning. *Memory & Cognition*, 11(3), 295-306.
- Franssens, S., & De Neys, W. (2009). The effortless nature of conflict detection during thinking. *Thinking & Reasoning*, 15(2), 105-128.
- Frey, D., Johnson, E. D., & DeNeys, W. (2018). Individual differences in conflict detection during reasoning. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 71(5), 1188-1208.
- Goel, V., Makale, M., & Grafman, J. (2004). The hippocampal system mediates logical reasoning about familiar spatial environments. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 16(4), 654-664.
- Goel, V., & Dolan, R. J. (2003). Explaining modulation of reasoning by belief. *Cognition*, 87(1), B11-B22.
- Luo, J., Liu, X., Stuppel, E. J. N., Zhang, E., Xiao, X., Jia, L., ... Zhang, Q. (2013). Cognitive control in belief-laden reasoning during conclusion processing: An ERP study. *International Journal of Psychology*, 48(3), 224-231.
- Luo, J., Yang, Q., Du, X., & Zhang, Q. (2011). Neural correlates of belief-laden reasoning during premise processing: An

- event – related potential study. *Neuropsychobiology*, 63 (2) , 112 – 118.
- Markovits, H. , & Nantel, G. (1989). The belief – bias effect in the production and evaluation of logical conclusions. *Memory & Cognition*, 17 (1) , 11 – 17.
- Mecklinger, A. , & Pfeifer, E. (1996). Event – related potentials reveal topographical and temporal distinct neuronal activation patterns for spatial and object working memory. *Cognitive Brain Research*, 4 (3) , 211 – 224.
- Pennycook, G. , Fugelsang, J. A. , & Koehler, D. J. (2015). What makes us think? A three – stage dual – process model of analytic engagement. *Cognitive Psychology*, 80, 34 – 72.
- Ruff, C. C. , Knauff, M. , Fangmeier, T. , & Spreer, J. (2003). Reasoning and working memory: Common and distinct neuronal processes. *Neuropsychologia*, 41 (9) , 1241 – 1253.
- Sloman, S. A. (1996). The empirical case for two systems of reasoning. *Psychol. Bull.*, 119 (1) , 3.
- Kahneman, D. (2011). *Thinking, fast and slow*. New York, NY: Farrar, Straus and Giroux.
- Smith, E. E. , Jonides, J. , Koeppel, R. A. , Awh, E. , Schumacher, E. H. , . . . Minoshima, S. (1995). Spatial versus Object Working Memory: PET Investigations. [Journal Article]. *J Cogn Neurosci*, 7 (3) , 337 – 356.
- Ungerleider, L. G. (1995). Functional brain imaging studies of cortical mechanisms for memory. *Science*, 270 (5237) , 769 – 775.
- Wang, Y. , Liu, Y. , Gao, Y. , Chen, J. , Zhang, W. , . . . Lin, C. (2008). False belief reasoning in the brain: An ERP study. *Science in China Series C: Life Sciences*, 51 (1) , 72.

Parallel Competitive or Serial Processing? ——The Evidence from an ERP Study of Spatial Relational Reasoning

Man Jiao¹, Hu Zhujiang²

(1. Department of Mental Health, Changzhi Medical College, Changzhi 046000;

2. School of Psychology, Lab of Psychology and Cognition Science, Jiangxi Normal University, Nanchang 330022)

Abstract: In this study, the interaction between two systems T1 and T2 in the inferential dual processing theory was investigated by using the event – related potential technique. It is assumed that the reasoning process of the logical reasoner (LR) only starts the T2 system, while the illogical reasoner (IR) starts the T1 system during the reasoning process, and the participation of working memory is used as the clue to distinguish T1 from T2 system. The results show that the reasoning process goes through four stages as identification – comparison – derivation – retention, and the brain activation patterns of the two groups of reasoners are obviously different in the derivation stage and the result retention stage. The derivation and retention stage of LR requires extensive participation of working memory, while the derivation process of IR is mainly engaged in visual operation, and belief conflict is suppressed in the maintenance stage, which is independent of working memory. The result indicates that LR's reasoning process mainly starts the T2 system, IR's reasoning process involves T1 system, and the detection of belief and logic conflict does not need T2, which conforms to the Hybrid model.

Key words: ERP; dual – process theory; logical reasoner; illogical reasoner; hybrid model