论文

类别验证任务中否定加工的 ERP 研究

张丽, 李红*

西南大学心理学院, 认知与人格教育部重点实验室, 重庆 400715

* 联系人, E-mail: lihong1@swu.edu.cn

收稿日期: 2011-04-12; 接受日期: 2011-10-12

国家自然科学基金(批准号: 30900408)和“211”工程国家重点学科建设项目(批准号: NSKD08017)资助

doi: 10.1360/052011-232

摘要 有研究提出了否定加工的两阶段模拟假说, 认为否定加工的第一阶段是模拟被否定的状态, 第二阶段是整合否定以模拟真实状态. 为了对该假说进行检验, 本研究采用 ERP 技术探讨了 20 名被试完成类别验证任务时的脑内时程动态变化. 任务有 4 种条件: 肯定类别对(例如, 蔬菜-白菜), 肯定无关对(例如, 蔬菜-蜜蜂), 否定类别对(例如, 蔬菜-蜜蜂)和否定无关对(例如, 蔬菜-白菜). 其中类别上画有一横线表示“不是该类别的事物”, 例如, 蔬菜表示“不是蔬菜”. 结果表明, 否定类别对比否定无关对和肯定类别对都引发了更负的 N400, 这说明, 否定加工中建立了被否定状态的表征, 支持了两阶段模拟假说. 此外, 肯定类别对比否定类别对引发了更正的 LPC, 这一结果揭示了两阶段模拟假说中第二阶段即整合否定模拟真实状态的神经机制. 可能是因为肯定类别关系的加工涉及再认和记忆信息的提取, 而否定类别关系的加工如两阶段模拟假说所预期的包含两个阶段, 涉及推理过程, 因而前者比后者引发了更正的 LPC.

关键词两阶段模拟假说
类别验证任务
事件相关电位
N400

言语理解中否定信息是如何被加工的呢? 这是心理语言学中一直关注的研究问题. 举例来讲, 这不是一只鸟. 这句话中包含了 2 个状态^[1,2]: 其一是被否定的状态, 即鸟; 其二是真实的事实状态, 即非鸟. 那么, 加工否定时, 是两种状态都得以表征? 还是只表征一种? 若两种状态都得以表征, 两种表征是序列的还是并列的?

近年来, Kaup 等人^[2,3]提出了两阶段模拟假说对此问题进行了回答. 该假说认为否定信息输入以后, 第一阶段是模拟被否定的状态, 第二阶段是模拟真实的事实状态, 该假说得到不少研究的支持^[1-6]. 这些研究多数使用了句子图片验证任务(sentence picture

verification tasks). 例如, 根据一张描绘了“大树前有只老鹰”场景的图片, 可构造出 4 种句子: (1)大树前有只老鹰, 这是肯定句且内容是真实的, 称为肯定真句子; (2)大树前有只乌鸦, 这是肯定句且内容是错误的, 称为否定假句子; (3)大树前没有乌鸦, 这是否定句且内容是真实的, 称为否定真句子; (4)大树前没有老鹰, 这是否定句且内容是错误的, 称为否定假句子. 通常情况下真句子比假句子反应时短. 然而, 根据两阶段模拟假说, 否定信息出现后建立的首先是被否定状态的心理表征, 因此句子和图片呈现的间隔较短时, 假句子(4)的反应要快于真句子(3), 因为句子(4)中被否定的是老鹰, 而图片中也是老鹰.

英文引用格式: Zhang L, Li H. An ERP study on the processing of negation in the category verification task. SCIENTIA SINICA Vitae, 2011, 41: 1203–1211, doi: 10.1360/052011-232

而当句子和图片呈现的间隔时间较长时, 真实状态得以表征, 这时真句子反应快于假句子, 句子(3)的反应要快于句子(4)。研究结果证实了该假说的预期^[2,3,7]。

然而, 也有研究不支持否定加工的两阶段模拟假说, 提出了整合模型(the fusion model)^[8]。该模型认为, 否定加工时我们会自发地整合否定信息, 形成真实的事实状态的表征。例如, “大门不开”直接表征为“大门开着”。这一模型的前提是否定形式总能找到相应的肯定形式(例如, 无罪意味着清白, 门不开意味着门是关的)。这一观点也得到了不少研究的支持^[8-11]。可见, 并不是所有情境下否定加工都符合两阶段模拟假说。值得思考的是, 不少研究之所以支持两阶段模拟假说会不会与它们多数使用句子图片验证范式有关? 以往的句子图片验证范式绝大多数都需要采用移动窗口技术, 尤其是 ERP 研究采用的均是这一技术。该技术有很多优点^[12], 其最大优点是考察阅读过程中存在的“即时加工”效应和结构效应(例如, 否定词的位置效应)。但是该技术的缺点是它与正常的阅读存在一定差距, 被试无法忽略, 跳过一些不重要的词, 无法回扫, 还需要手动按键等。还很重要的一点是词语是分开序列呈现的, 被试需要较多的加工资源进行语义整合, 尤其是否定词与其修饰的词语常常是分开呈现的。这可能使得否定的加工更倾向于经历 2 个阶段。因此本研究拟使用另一研究范式即类别验证范式来探讨否定加工是否与任务范式有关。不同于句子图片验证范式, 类别验证范式不存在分开呈现否定词与其修饰的词语的问题, 这种条件下被试更容易进行语义整合, 因而否定的加工可能并不需要经历 2 个阶段。

以往研究中, 类别验证任务(the category verification task)常被用来探讨概念知识的表征^[13-15]。通常, 任务先后呈现 2 个类别名称, 让被试判断第二个类别是否是第一个类别的类别成员。肯定回答的项目可称为“肯定类别对”, 例如“水果”和“苹果”; 否定回答的项目可称为“肯定无关对”, 例如“水果”和“苍蝇”。本研究拟在类别名称上画有一横线来表示否定意义, 例如“~~水果~~”, 表示“不是水果的事物”。然后让被试判断“苹果”, “苍蝇”是否为“~~水果~~”的类别成员。肯定回答的可称为“否定类别对”(例如, ~~水果~~-苍蝇); 否定回答的可称为“否定无关对”(例如, ~~水果~~-苹果)。本研究预期这种任务中否定的加工有 2 种可能: (1) 被试

只建立了真实的事实情境, 或者被否定的情境虽得以表征然而非常短暂, 真实的事实情境很快便取而代之, 以致很难监测到被否定的情境的表征; (2) 如两阶段模拟假说预期的, 否定加工需经历 2 个阶段, 即先是被否定状态的表征, 然后是真实的事实状态的表征。

为了探讨否定加工的时间进程, 研究将使用 ERP 技术以 N400 和晚期正成分(LPC)为重要指标检验我们的预期。N400 是由 Kutas 和 Hillyard^[16]首次提出的, 他们发现与句子末尾词意义不一致的词语在 400 ms 左右会诱发出一个负成分 N400。以往很多研究发现 N400 是语义启动或语义联系强度的一种指标^[17,18]。有研究使用类别验证任务表明肯定无关对比肯定类别对引发了更负的 N400^[19]; 同属于一个类别非典型成员要比典型成员引发更负的 N400^[20,21]。本研究结果中, 如果“否定无关对”比“否定类别对”引发更负的 N400, 则为第一种假设提供了支持。因为根据事物的事实状态, “否定类别对”具有包含关系, 其语义联系要强于不具有包含关系的“否定无关对”, 因此这一结果说明, 真实的事实状态得以表征。反之, 如果“否定类别对”比“否定无关对”引发更大的 N400, 则为第二种假设提供了支持。因为根据被否定的状态, “否定类别对”不具有包含关系(例如, “~~水果~~”中被否定的是水果, 水果和苍蝇不存在包含关系), 而“否定无关对”具有包含关系(例如, “~~水果~~”中被否定的是水果, 水果和苹果存在包含关系)。

此外, 根据第一种假设, 否定加工和肯定加工类似, 都是直接建立事实状态的表征, 因而两者没有显著差异。而根据第二种假设, 否定和肯定的加工存在很大不同, 前者需要首先建立被否定状态的表征, 然后才是事实状态的表征, 其过程更复杂, 因而两类加工可能在其引发的 ERP 成分上存在差异。首先, 同样具有语义类别包含关系, “否定类别对”将比“肯定类别对”引发更负的 N400。因为根据被否定的状态, 否定类别对不具有类别包含关系, 其语义联系要弱于具有类别包含关系的肯定类别对。其次, 晚期正成分也存在差异, 这是对否定加工两阶段模拟假设第二阶段的直接的和重要的支持。以往研究基本上是以 N400 为指标揭示否定的加工机制^[22-24], 然而 N400 只能揭示是否存在被否定状态的表征, 而不能揭示两阶段模拟假设的第二阶段即对否定意义进行整合以建立真实的事实状态的神经机制。目前这方面的

文献只有两篇,但是两个研究的结果存在不一致.早期 Katayama 等人^[25]探讨了日语的加工机制.日语的句子结构为主语-宾语-谓语,其中主语是 40 个类别成员,宾语是 8 个类别名称,谓语为是或者不是,例如,鸚鵡鸟是/不是.结果表明,肯定句比否定句引发了较大的正成分.最近 Lüdtke 等人^[3]研究发现,在句子和图片呈现时间间隔较短时否定句比肯定句引发了更正的晚期正成分.因为本研究的实验范式与 Katayama 等人^[25]的实验范式有异曲同工之处,都涉及类别关系的判断,与 Katayama 的研究类似,本研究中肯定类别关系的加工可能比否定类别关系的加工引发更正的 LPC.

1 方法

1.1 被试

年龄在 19~23 岁之间的大学本科生被试 20 名(11 男,9 女),皆为右利手,均无心理或精神疾病,视力或校正视力正常,完成实验后被试均获取适量报酬.

1.2 刺激

刺激词语共分为两类.第一类是类别词语,即鸟儿、昆虫、蔬菜、花儿、水果、~~鸟儿~~、~~昆虫~~、~~蔬菜~~、~~花儿~~和~~水果~~,共 10 个.其中词语上面标有一横线的代表不是该类别的事物.例如,“~~蔬菜~~”表示不是蔬菜的事物.第二类是类别成员词语,来自 5 个类别(鸟儿、昆虫、蔬菜、花儿和水果),每个类别有 12 个成员.这些词语的熟悉性和典型性事先都进行了评定.具体来讲,给 102 名 18~23 岁之间的大学生施测了熟悉性评定测验和典型性评定测验(这些学生都没有参加最后的主实验).其中一半学生完成熟悉性评定测验,另一半完成典型性评定测验.测验要求学生在 7 分量表上评定 150 个类别词语的熟悉性或这些类别成员在其所属类别中的典型性.每个类别 30 个成员.这些成员是根据 Batting 和 Montague^[26]的研究材料以及中国背景下每天的生活经验选出的.最后选择了熟悉性和典型性都较高的 12 个词语作为每个类别的类别成员.这些词语的词频是每 4.77 亿个字 790.12 次^[27].词语的词长范围是 1~3 个字,平均词长 2.13 个字.

类别词语和类别成员词语可形成 4 种刺激对:肯定类别对(例如,蔬菜-白菜)、肯定无关对(例如,蔬菜

-蜜蜂)-否定类别对(例如,蔬菜-蜜蜂)和否定无关对(例如,蔬菜-白菜).每种刺激对有 60 个,总共有 240 个刺激对.所有词都为 50 号宋体,呈现于 19 英寸计算机的屏幕中央.

1.3 程序

实验时被试静坐于安静的实验室内,两眼注视屏幕中央,眼睛距屏幕 60 cm 左右.要求被试左手食指和右手食指分别放在键盘的“F”键和“J”键上,其中一半被试要求肯定回答用左手食指按“F”键,否定回答用右手食指按“J”键;另外一半被试要求肯定回答用右手食指按“J”键,否定回答用左手食指按“F”键.刺激流程如下:黑色屏幕中央出现一个白色圆点作为注视点,时间为 500 ms;随后随机出现类别词语,呈现时间为 1000 ms;接下来出现空屏 500 ms;最后随机呈现类别成员词语,呈现时间为 1500 ms,要求被试判断该类别成员是否归属于先前呈现的类别并做出按键反应,按键反应后刺激消失.整个实验分为 2 个部分,首先进行练习,让被试熟悉实验流程.正式实验分成 6 个组块,每个组块有 40 个刺激对.相同的刺激对不会连续出现.实验要求被试尽量少动,少眨眼,眼睛注视屏幕中央.组块之间被试可以进行适当的休息.

1.4 EEG 记录和分析

使用德国 Brain Products 公司的 ERP 记录与分析系统,按国际 10~20 系统扩展的 64 导电极帽记录 EEG,以双耳乳突的连线作为参考电极,双眼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).每个电极处的头皮电阻保持在 5 k Ω 以下.滤波带通为 0.01~30 Hz,采样频率为 500 Hz/导.完成连续记录 EEG 后离线处理数据,自动校正 VEOG 和 HEOG,并充分排除其他伪迹.根据本实验的目的,主要分析类别成员词出现后所诱发的 ERP,分析时程(epoch)为刺激词出现后 1200 ms,基线为刺激出现前 200 ms.只对正确的类别关系判断反应进行叠加,每个被试每种条件下至少有 30 次有效的测试.根据实验所得到的 ERP 总平均图以及差异波地形图(图 2~4),分析了 N400(时间窗口为 320~500 ms)和 525~575, 575~625, 625~675, 675~725 ms 时间窗的平均波幅,选择 12 个电极点进行两因素重复测量方差分析,刺激词对类型(4 种)和记录点

(F3, Fz, F4, C3, Cz, C4, CP3, CPz, CP4, P3, Pz, P4)为被试内变量. 所有方差分析的 P 值采用 Greenhouse Geisser 法校正.

2 结果

2.1 行为数据

描述性结果见图 1. 反应时的重复测量方差分析显示, 刺激对类型主效应非常显著, $F(3,57)=61.58$, $P<0.001$. 进一步分析表明, 被试对肯定类别对(837 ± 12) ms 和肯定无关对(931 ± 11) ms 均显著快于对否定类别对(1000 ± 13) ms 和否定无关对(990 ± 12) ms, $P_s<0.001$; 被试对肯定类别对的判断显著快于肯定无关对, $P<0.001$; 被试在否定类别对和否定无关对上的反应时无显著差异.

正确率的重复测量方差分析显示, 刺激对类型主效应非常显著, $F(3,57)=16.99$, $P<0.001$. 进一步分析表明, 被试在肯定类别对($93.8\%\pm 0.8\%$)和肯定无关对($87.5\%\pm 1.5\%$)上的正确率均显著高于在否定类别对($79.8\%\pm 2.4\%$)和否定无关对($82.1\%\pm 2.1\%$)上的正确率, $P_s<0.001$; 被试在肯定类别对上的正确率高于肯定无关对, $P<0.001$; 被试在否定类别对和否定无关对上的正确率无显著差异.

2.2 ERP 数据

N400 波幅的方差分析显示, 刺激对类型主效应

显著, $F(3,57)=5.76$, $P<0.01$, 电极电主效应显著, $F(11,209)=11.37$, $P<0.001$, 两者的交互作用不显著. 事后分析表明, 肯定无关对(-1.82 ± 0.90) μV 、否定类别对(-2.28 ± 0.85) μV 均对肯定类别对(-0.32 ± 0.91)

图 1 被试在 4 类刺激对上的正确率和反应时

1: 肯定类别对; 2: 肯定无关对; 3: 否定类别对; 4: 否定无关对

图 2 4 类刺激对在 Fz, Cz, CPz 和 Pz 记录点所诱发的 ERP 总平均图

μV 引发的波幅更负, $P_s < 0.05$; 否定类别对 (-2.28 ± 0.85) μV 比否定无关对 (-1.25 ± 0.91) μV 引发的波幅更负, $P < 0.05$; 肯定无关对和否定类别对的波幅无显著差异, 肯定类别对与否定无关对的波幅无显著差异. 整体上, 大脑前部的波幅 (-3.12 ± 1.07) μV 比后部的波幅 (0.29 ± 0.80) μV 更负, $P < 0.01$; 大脑中央点的波幅更负 (-2.37 ± 0.94) μV , 其次是左侧 (-1.49 ± 0.82) μV , 最后是右侧 (-0.39 ± 0.82) μV , 两两之间差异均显著, $P_s < 0.05$. 对 N400 潜伏期的方差分析显示, 所有效应均不显著.

对 525~575, 575~625, 625~675 和 675~725 ms 时间窗的平均波幅的方差分析显示, 在中央顶叶联合区的 CPz, CP4 电极点的 625~675 ms 时间窗上条件主效应显著, $F(3,57)=3.17$, $F(3,57)=3.36$, $P_s < 0.05$. 事后分析表明, 肯定类别对比否定类别对、否定无关对的波幅更正, $P_s < 0.05$, 肯定类别对和肯定无关对的波幅无显著差异, 否定类别对与否定无关对的波幅无显著差异.

3 讨论

正如两阶段模拟假说所预期的, 本研究结果表明, 具有类别包含关系的否定类别对比不具有类别

图3 Fz点差异波(否定类别对与否定无关对)的电压地形图

图4 CPz点差异波(否定类别对与肯定类别对)的电压地形图

包含关系的否定无关对引发了更大的 N400, 说明否定加工首先建立的是被否定状态的表征. 同时, 本研究还表明, 肯定无关对和否定类别对的 N400 波幅无显著差异, 肯定类别对与否定无关对的 N400 波幅无显著差异. 这些结果也支持了两阶段模拟假说的预期, 因为否定类别对和否定无关对中被否定状态的表征分别与肯定无关对和肯定类别对的表征相一致, 因而 N400 波幅差异不显著间接说明了否定类别对和否定无关对中被否定的状态得以表征. 由此看来, 首先表征被否定的状态, 这可能是否定的特性, 与研究采取的任务范式无关.

以往的大量研究都表明, 否定加工需要表征被否定的状态^[22-24,28]. 例如, Deutsch^[28]的研究表明, 具有否定情绪效价的名词不管在肯定短语还是否定短语中(例如, a war 和 no war)均会启动具有否定效价的词(例如, disease); 具有肯定情绪效价的名词不管在肯定短语还是否定短语中(例如, a party 和 no party)均会启动具有肯定效价的词(例如, luck). Fischler 等人^[22]的研究表明, 不管是肯定还是否定句子, 当句子的最后一个词语与第一个词语不匹配比匹配时引发了

更大的 N400, 例如, “知更鸟是树”和“知更鸟不是树”比“知更鸟是鸟”和“知更鸟不是鸟”引发了更大的 N400。这些都说明否定的加工涉及了对应的肯定形式的加工。之所以有这样的结果, 可能与否定在言语交流中的功能有很大关系。人们总是期望言语信息是真实的和富有信息的^[29,30]。而否定通常是用来表达与预期的违背, 表达人们对人们肯定看法的拒绝, 表达对命题的否认^[31-34], 用来说明相应的肯定预期、看法和命题是错误的。否定也具有不确定性、非特定性。例如, “这不是水果”, 那“这是什么呢?” 回答具有很大的不确定, 可以说具有无数的可能性。而且从认知发展的角度来讲^[35], 儿童的注意点主要集中在行为和和心理操作的肯定方面。肯定属性是可观察到的; 相反, 否定属性很难直接知觉到, 而是必须通过推理才能够构建。因此肯定操作比否定操作具有先天的优势。这也使得遇到否定信息时, 人们总是倾向于将否定转化为相应的肯定来理解^[36]。

与两阶段模拟假说的预期相一致, 同样具有语义类别包含关系, 否定类别关系比肯定类别关系的加工要困难, 反映在前者的反应时较长, 正确率较低。同时, 与 Katayama 等人^[25]的研究结果一致, 肯定类别对比否定类别对引发了更正的 LPC。此结果该如何理解呢? 可能的解释是, 本研究中 LPC 的波幅反映的是个体完成特定任务时的再认和回忆。记忆的再认研究表明^[37-40], 旧词或重复词比新词或未重复的词语在中央顶叶区域引发更正的 LPC, 被称为再认的新旧效应(old/new effects)。本研究中肯定类别关系和否定类别关系的加工可能涉及不同的认知过程, 前者涉及再认和记忆信息的提取, 而后者如前所述包含 2 个过程, 涉及推理过程。因而前者比后者引发了更正的 LPC。

肯定类别关系比否定类别关系涉及更多记忆信息提取的观点具有理论和实证研究的支持。“肯定类别关系”实质上是判断“事物是什么”, 而“否定类别关系”是判断“事物不是什么”。通常, 我们的语义记忆系统中储存的是前者。语义激活扩散模型提出语义系统由节点和联结组成(节点对应于词语, 联结则表明了词语之间的联系)。联结共有 6 种, 其中 1 种称为 IS-A 联结, 就是类别层级的包含关系, 是关于事物是什么的知识, 这些知识可以直接从记忆中提取^[41]。而人工智能理论中虽然提出了知识表征有肯定的和否定的两种联结(前者是表达事物肯定属性的“IS-A”联

结, 后者是用来表达例外的“IS-NOT-A”联结), 但主要的联结仍是肯定联结, 人们偏向于使用肯定方式表达事物的特征^[42]。概括来讲, 两个理论均强调与“事物不是什么”的否定类别关系表征相比, 记忆系统中储存了更多关于“事物是什么”的类别关系的表征。

以往关于句子加工的研究表明^[43,44], 证实句子是正确的和证实句子是错误的涉及不同的认知过程, 前者涉及记忆信息的提取, 而后者涉及推理过程。例如, Marques 等人^[44]的研究让被试判断句子是否正确。这些句子都是描述概念 X 具有特征 Y 的肯定句(例如, 瓶子能漂起来)。结果表明, 正确句子激活了左侧顶叶区域, 这个区域与记忆信息的提取有关; 而错误句子激活了额叶区域, 这个区域与涉及认知控制的推理过程有关, 主要是发现和寻找记忆中的储存信息和句子信息的冲突。如前述所及, 否定的加工实质上是证伪的过程, 即证明相应的肯定陈述是错误的。例如, “这不是鸟”说明了“这是鸟”是错误的。因而与错误句子的加工类似, 本研究中否定类别关系的加工很可能涉及的是推理过程。以往关于否定加工的研究也发现否定加工主要涉及受意识控制的推理过程, 而不是自动的记忆提取过程^[45,46], 尤其是当否定意义不是经常被练习或者否定意义不是很明确的时候(例如, “不富有”意味着贫穷, 其意义比较明确, 而“不是鸟”意义则比较模糊, 有很多的可能)。

此外, 与以往有些研究表明的 LPC 存在左侧优势存在不一致^[38,47], 本研究中 LPC 在中央顶叶和右侧顶叶电极点比较明显。这可能与任务材料有关, LPC 的分布会随任务材料类型而变化^[48]。与以往研究不同, 本研究使用的是自然物体类别词语, 而且涉及的类别成员均是其所属类别中的典型成员。因而对于类别关系对来讲, 其语义类别关系的判断可能是整体的, 直觉的, 被试直接从记忆中提取, 不用进行精细加工就能完成的。这样的加工正是大脑右半球的优势^[49,50]。

与 Lüdtke 等人发现^[3]否定句比肯定句引发了更正的晚期正成分不同, 本研究中肯定类别对比否定类别对引发了更正的 LPC。这一现象的原因可能在于两个研究采用的任务范式不同。前者采用的是句子图片验证范式, 即先呈现一个句子, 然后呈现一张图片, 让被试判断图片的内容是否与句子相符。其中

的句子是描述两个物体方位关系的. 无论先前呈现的是肯定句还是否定句, 被试都需要对图片中 2 个物体的关系进行表征, 然后与先前呈现的句子所描绘的情境进行比较, 最后做出判断. 肯定句和否定句的差别主要在于否定句涉及更多的冲突过程, 即 Lüdtke 等人^[3]研究中 LPC 反映的主要是冲突过程. 例如, 当句子是“塔前面没有狮子”时, 被试倾向于先后模拟“塔前有狮子”和“塔前没有狮子”两种冲突的情境, 而且“塔前没有狮子”的情境比较模糊; 而若是肯定句“塔前有狮子”, 被试只会模拟“塔前有狮子”这一种明确的情境. 而本研究的任务范式如前所述使用的是自然物体类别词语, 而且类别成员均是典型成员, 因此肯定类别关系的判断只需要被试进行再认并直接从长时记忆中提取相关的语义类别知识, 而不需要一系列的诸如建立对图片的表征, 比较句子和图片等认知过程. 肯定类别关系和否定类别关系的差别主要在于前者涉及更多的再认和记忆知识的提取, 即 LPC 反映的主要是再认和记忆提取过程. LPC 反映的认知过程不同, 因而表现出的模式特点也不同.

综上所述, 研究结果表明, 否定类别对比否定无关对引发了更负的 N400, 这一结果表明, 否定加工中存在被否定状态的表征; 肯定类别关系比否定类别关系引发了更正的 LPC, 这一结果揭示了否定加工的第二阶段——模拟真实状态的神经机制. 这些结果均为两阶段模拟假说提供了直接支持. 同时, 还有助于理解儿童在替代包含(vicariant inclusion)推理上的困难. 替代包含即对某类别的补集与另外一种类别之间包含关系的理解和判断, 例如, 有 8 朵玫瑰, 5 朵郁金香, 3 朵菊花, 请问“非郁金香”和“玫瑰”的数量孰多孰少^[51-53]. 替代包含涉及本研究中否定类别关系的理解. 以往研究发现, 儿童完成替代包含推理任务时, 有些直接比较“郁金香”和“玫瑰”的数量, 有些比较“菊花”和“玫瑰”的数量. 根据本研究结果, 这些儿童对否定类别关系的加工存在困难, 有些只停留在否定加工的第一阶段, 只表征了被否定的事物, 即郁金香, 因而直接比较“郁金香”和“玫瑰”; 有些在第二阶段整合否定意义时存在困难, 认为“非郁金香”只包括“菊花”, 因而比较“菊花”和“玫瑰”的数量.

参考文献

- Hasson U, Glucksberg S. Does understanding negation entail affirmation? *J Pragm*, 2006, 38: 1015–1032
- Kaup B, Lüdtke J, Zwaan A R. Processing negated sentences with contradictory predicates: is a door that is not open mentally closed? *J Pragm*, 2006, 38: 1033–1050
- Lüdtke J, Friedrich C, De Filippis M, et al. ERP correlates of negation. *J Cogn Neurosci*, 2008, 20: 1355–1370
- Giora R, Balaban N, Fein O, et al. Negation as positivity in disguise. In: Colston H L, Katz A, eds. *Figurative Language Comprehension*. Mahwah, NJ: Erlbaum, 2004. 233–258
- Kaup B, Yaxley R H, Madden C J, et al. Experiential simulations of negated text information. *Q J Exp Psychol*, 2007, 60: 976–990
- Kaup B, Zwaan R A, Lüdtke J. The experiential view of language comprehension: How is negated text information represented? In: Schmalhofer F, Perfetti C A, eds. *Higher Level Language Processes in the Brain: Inference and Comprehension Processes*. Mahwah, NJ: Erlbaum, 2007. 255–288
- 李莹, 王瑞明, 莫雷. 否定句理解中知觉仿真的动态过程. *心理科学*, 2007, 30: 791–795
- Mayo R, Schul Y, Burnstein E. “I am not guilty” versus “I am innocent”: Successful negation may depend on the schema used for its encoding. *J Exp Soc Psychol*, 2004, 40: 433–449
- Brewer W F, Lichtenstein E H. Recall of logical and pragmatic implications in sentences with dichotomous and continues antonyms. *Mem Cognit*, 1975, 3: 315–318
- MacDonald M C, Just M A. Changes in activation levels with negation. *J Exp Psychol*, 1989, 15: 633–642
- Nieuwland M S, Kuperberg G R. When the truth isn’t too hard to handle: An event-related potential study on the pragmatics of negation. *Psychological Science*, 2008, 19: 1213–1218
- 舒华, 储齐人, 孙燕, 等. 移动窗口条件下阅读过程中字词识别特点的研究. *心理科学*, 1996, 2: 79–83
- Heinze H J, Munte T F, Kutas M. Context effects in a category verification task as assessed by event-related brain potential (ERP) measures. *Bioll Psychol*, 1998, 47: 121–135

- 14 Kiran S, Thompson C K. Effect of typicality on online category verification of animate category exemplars in aphasia. *Brain Lang*, 2003, 85: 441–450
- 15 Rogers T T, Patterson K. Object categorization: Reversals and explanations of the basic-level advantage. *J Exp Psychol Gen*, 2007, 136: 451–469
- 16 Kutas M, Hillyard S A. Reading senseless sentences: Brain potentials reflect semantic incongruity. *Science*, 1980, 207: 203–205
- 17 Kutas M, Federmeier K D. Electrophysiology reveals semantic memory use in language comprehension. *Trends Cogn Sci*, 2000, 12: 463–470
- 18 Kutas M, Hillyard S A. Brain potentials during reading reflect word expectancy and semantic association. *Nature*, 1984, 307: 161–163
- 19 Schumacher R, Wirth M, Perrig W J, et al. ERP correlates of superordinate category activation. *Int J Psychophysiol*, 2009, 72: 134–144
- 20 Fujihara N, Nagaishi Y, Koyama S, et al. Electrophysiological evidence for the typicality effect of human cognitive categorization. *Int J Psychophysiol*, 1998, 29: 65–75
- 21 Heinze H, Munte T, Kutas M. Context effects in a category verification task as assessed by event-related brain potential (ERP) measures. *Biol Psychol*, 1998, 47: 121–135
- 22 Fischler I, Bloom P, Childers D, et al. Brain potentials related to stages of sentence verification. *Psychophysiology*, 1983, 20: 400–409
- 23 Hald L, Kutas M, Urbach T P, et al. The N400 is not a brainwave: Negation and the N400 effects for true and false sentences. Poster presented at the annual meeting of the Cognitive Neuroscience Society, New York. April, 2005
- 24 Kounios J, Holcomb P. Structure and process in semantic memory: Evidence from event-related brain potentials and reaction-times. *J Exp Psychol Gen*, 1992, 121: 459–479
- 25 Katayama J, Miyata Y, Yagi A. Sentence verification and event-related brain potentials. *Biol Psychol*, 1987, 25: 173–185
- 26 Batting W F, Montague W E. Category norms for verbal items in 56 categories: A replication and extension of the Connecticut category norms. *J Exp Psychol*, 1969, 80: 1–46
- 27 北京大学中国语言学研究中心. 现代汉语语料库. 2009. http://ccl.pku.edu.cn:8080/ccl_corpus/index.jsp?dir=xiandai
- 28 Deutsch R. What does it take to negate? How processing negated information affects cognition and behavior. Doctoral dissertation. Würzburg: Julius-Maximilians-Universität. 2002
- 29 Grice P. Logic and conversation. In: Cole P, Morgan J L, eds. *Syntax and Semantics 3: Speech acts*. New York: Seminar, 1975. 41–58
- 30 Sperber D, Wilson D. *Relevance: Communication and cognition*. Oxford: Blackwell, 1995
- 31 Clark H H, Clark E V. *Psychology and Language*. New York: Harcourt Brace Jovanovich, 1977
- 32 Giora R. Anything negatives can do affirmatives can do just as well, except for some metaphors. *J Pragm*, 2006, 38: 981–1014
- 33 Givón T. Negation in language: pragmatics, function, ontology. In: Cole P, ed. *Syntax and Semantics: Pragmatics*, vol.9. New York: Academic Press, 1978. 69–112
- 34 Horn L. *A natural history of negation*. Chicago: University of Chicago Press, 1989
- 35 Piaget J. *The equilibration of cognitive structures*. Chicago: University of Chicago Press, 1985
- 36 Wason P. The contexts of plausible denial. *J Verbal Learn Verbal Behav*, 1965, 4: 7–11
- 37 罗跃嘉, 魏景汉, 翁旭初, 等. 汉字视听再认的 ERP 效应与记忆提取脑机制. *心理学报*, 2001, 33: 489–494
- 38 Rugg M D, Curran T. Event-related potentials and recognition memory. *Trends Cogn Sci*, 2007, 11: 251–257
- 39 Rugg M D, Mark R E, Walla P, et al. Dissociation of the neural correlates of implicit and explicit memory. *Nature*, 1998, 392: 595–597
- 40 Smith, M E, Guster K. Decomposition of recognition memory event-related potentials yields target, repetition, and retrieval effects. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol*, 1993, 86: 335–343
- 41 Collins A M, Loftus E F. A spreading-activation theory of semantic processing. *Psychol Rev*, 1975, 82: 407–428
- 42 David G, Porto A. Inheritance in a hierarchy of theories. *Prog artif intell LNCS*, 1993, 727: 77–92
- 43 Collins A M, Quillian M R. Retrieval time from semantic memory. *J Verbal Learn Verbal Behav*, 1969, 8: 240–247
- 44 Marques J F, Canessa N, Cappa S. Neural differences in the processing of true and false sentences: Insights into the nature of ‘truth’ in language comprehension. *Cortex*, 2009, 45: 759–768
- 45 Deutsch R, Gawronski B, Strack F. At the boundaries of automaticity: Negation as reflective operation. *J Pers Soc Psychol*, 2006, 91: 385–405
- 46 Deutsch R, Kordts-Freudinger R, Gawronski B, et al. Fast and fragile: A new look at the automaticity of negation processing. *Exp Psychol*, 2009, 56: 434–446
- 47 Olichney J M, Van Petten C, Paller K A, et al. Word repetition in amnesia: Electrophysiological measures of impaired and spared memory. *Brain*, 2000, 123: 1948–1963

- 48 Mecklinger A. On the modularity of recognition memory for object form and spatial location: a topographic ERP analysis. *Neuropsychologia*, 1998, 36: 441–460
- 49 Jung-Beeman M. Bilateral brain processes for comprehending natural language. *Trends Cogn Sci*, 2005, 9: 512–518
- 50 Koivisto M, Laine M. Strategies of semantic categorization in the cerebral hemispheres. *Brain Lang*, 1999, 66: 341–357
- 51 Müller U, Sokol B, Overton W. Developmental sequences in class reasoning and propositional reasoning. *J Exp Child Psychol*, 1999, 74: 69–106
- 52 Piaget J. *Experiments in contradiction*. Chicago: University of Chicago Press, 1980
- 53 Riesz E D, Cantor G N. Piaget's grouping II: The model, its assessment, and the effect of training. *Dev Rev*, 1985, 5: 289–308

An ERP Study on the processing of negation in the category verification task

ZHANG Li & LI Hong

School of Psychology, Southwest University, Key Laboratory of Cognition and Personality, Ministry of Education, Chongqing 400715, China

In some previous studies, the two-step simulation hypothesis was proposed to describe the negation processing. According to the hypothesis, the comprehender first simulates the negated state of affairs and then integrates negation to build on the simulation of the actual state of affairs. In order to test this hypothesis, event-related brain potentials (ERPs) were measured when 20 Chinese subjects performed the category verification task. Four conditions were included in the task: affirmative category pair (e.g., vegetables - cabbage), affirmative unrelated pair (e.g., vegetables - bee), negative category pair (e.g., ~~vegetables~~ - bee), negative unrelated pair (e.g., ~~vegetables~~ - cabbage). The transverse line was a denial sign (e.g., ~~vegetables~~ signaled something that was not vegetables). Results showed that the negative category pair elicited the more negative N400 than the negative unrelated pair and the affirmative category pair, indicating that the negated state of affairs was represented in the negation processing and hence supporting the two-step simulation hypothesis. In addition, a more positive LPC was evoked by the affirmative category pair as compared to the negative category pair, which was an ERP indication of negation integration occurring at the second stage according to the two-step simulation hypothesis. The explanation for the larger LPC by the affirmative category pair was that the processing of affirmative category pair was associated to the recognition and recollection of memory information. In contrast, the processing of negative category pair which required two stages as predicted by the two-step simulation hypothesis was associated with a reasoning process.

two-step simulation hypothesis, the category verification task, event-related brain potentials, N400

doi: 10.1360/052011-232