

DOI: 10.13718/j.cnki.xdzk.2017.10.018

类别归纳中具体与一般结论任务的 ERP 特征比较^①

李晓芳¹, 李 婧², 龙长权²

1. 重庆市教育评估院, 重庆 400020; 2. 西南大学 心理学部, 重庆 400715

摘要: 研究采用事件相关电位技术(ERPs), 比较了具体结论类别归纳推理(例如, 前提条件: 苹果 X1, 推论结论条件: 梨子 X1?, 即梨子是否也具有属性 X1)与一般结论类别归纳推理(例如, 前提条件: 苹果 X1, 推论结论条件: 水果 X1?, 即水果是否也具有属性 X1)的 ERP 特征差异. 实验结果显示: 与基线条件相比(例如, 前提条件: 苹果 X1, 推论结论条件: 苹果 X1?), 具体和一般条件诱发了更大的 P2, 反映了具体与一般结论增加的汉字正字法的表征分析过程; 同时具体和一般结论条件比基线条件诱发了更大的 N2 成分, 反映了知觉匹配. 另外, 具体结论条件比一般结论条件诱发了更小的 P3b 成分, 反映了具体结论条件比一般结论条件需要更多的工作记忆或有更低水平的推理预期满意程度. 最后, 具体结论条件比一般结论条件诱发了更大的 N400 成分, 表明具体结论条件比一般结论条件需要更多的认知努力整合信息. 这些发现表明, 在类别归纳推理中, 具体结论与一般结论条件在 ERP 特征上是存在差异的.

关键词: 类别归纳推理; 具体结论; 一般结论; 事件相关电位(ERPs)

中图分类号: B841.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-9868(2017)10-0125-08

1 问题提出

人们通常会认为同一类别的成员会共享许多属性, 因此, 基于类别成员信息来推论属性是类别的主要功能之一^[1-2]. 例如, 已知苹果是可食用的, 可以推论梨子也具有可食用性这一属性, 因为苹果和梨子共同属于水果类. 这一过程就被称为类别归纳推理过程, 或称为属性泛化过程^[3].

近年来, 一些研究采用 ERP 技术探讨类别归纳推理的时间特征. 例如, Liang 等^[4]采用句子任务比较了一致与不一致的归纳, 发现 N400 与归纳中的信息整合过程相关. Long 等^[5]在 Liang 等^[4]的基础上进一步发现当同时呈现结论类别和属性时, N2, P3 和 N400 与类别归纳推理中的类别违背过程有关, 而前部的 LPC 与类别归纳推理中的属性违背有关. Wang 等^[6]发现, 当仅呈现结论类别时, P2 和 N400 反应类别归纳推理, 而李婧等^[7]发现, 当结论类别与结论属性分别呈现时, N400 与类别归纳推理中的类别过程有关, 而 P3 与类别归纳推理中的属性过程有关.

然而, Liang 等^[4]的研究中, 归纳结论为一般结论(例如, 水果), 而 Long 等^[5]、Wang 等^[6]和李婧等^[7]的研究中, 归纳结论为具体结论(例如, 梨子). 几个理论模型比较了具体结论类别归纳推理和一般

① 收稿日期: 2016-08-29
基金项目: 国家自然科学基金项目(31200780).
作者简介: 李晓芳(1991-), 女, 河北邢台人, 硕士研究生, 主要从事类别归纳推理方向的研究.
通信作者: 龙长权, 副教授.

结论类别归纳推理. 一些理论模型认为两者具有相同的认知过程. 例如, 基于特征的归纳推理模型^[8], 认为具体结论类别归纳推理与一般结论类别归纳推理共享相同的心理过程, 同时, 贝叶斯模型^[9-10]认为, 人们通常会基于已知的新信息使用贝叶斯规则对先前的信念进行调整然后做出判断, 这与归纳推理的类型无关. 然而, 其他一些理论模型认为, 两者具有不同的心理过程. 例如, 相似性覆盖模型^[11]和假设评价模型^[12-13]认为, 与一般结论类别归纳推理相比, 在进行具体结论类别归纳推理时, 需要产生一个同时包含前提类别成员和结论类别成员的最小上位水平类别, 因此, 具体结论类别归纳推理比一般结论类别归纳推理至少多一个心理过程.

由于存在理论上的争议, 类别归纳推理中的具体和一般结论任务在 ERP 特征上是否有显著的差异就值得进一步探索. 本研究采用 ERP 技术, 通过比较典型的具体结论类别归纳推理(例如, 已知苹果具有属性 X1, 推论到香蕉也具有属性 X1)和一般结论类别归纳推理(例如, 已知苹果具有属性 X, 推论到水果也具有属性 X), 并采用一致结论类别归纳推理(例如, 已知苹果具有属性 X1, 推论到苹果也具有属性 X1)作为基线条件, 来探究和比较类别归纳推理中具体与一般结论任务的 ERP 特征.

一些研究发现, 前中部 P2 成分与早期汉字词语正字法特征提取的处理过程相关, 进行汉字的正字表征时, P2 波幅会增大^[14-15]. 因此, 可以预测基线条件会诱发最小的 P2 成分. 同时, 前部的 N2 成分与知觉上的匹配和失匹配关联, 知觉不匹配比知觉匹配诱发更大的 N2 成分^[16-18], 因此预测基线条件将诱发最小的 N2 成分.

P3 成分是在刺激呈现后 300~500 ms 时诱发的正偏转. P3 进一步区分为前中部的 P3a 和后部的 P3b^[16]. 研究发现, 知觉匹配比知觉失匹配诱发更大的 P3b 成分^[17-19]. 因此, 基线任务应当会诱发最大的 P3b 成分. Kok^[20]和 Polich^[16]还发现, 记忆负担的增加会降低 P3b 的波幅. 归纳推理的相似性覆盖模型^[11]以及假设评价模型^[12-13]认为, 在进行具体结论类别归纳推理时, 在工作记忆中还需要提取出一个同时包含前提类别与结论类别的最小上位水平类别, 而进行一般结论类别归纳推理时则不需要, 因而, 进行具体结论类别归纳推理时记忆负荷更大, 诱发的 P3b 波幅会更小.

N400 与语义类别关系密切关联^[21]. 在进行语义关系整合时所需的认知努力程度会影响到 N400 的波幅, 需要的认知努力越多, N400 的波幅就越大^[22-23]. Kounios 和 Holcomb^[24]发现, 在类别确认和语义启动任务中, 具体类别比一般类别诱发了更大的 N400, 可以预测推理过程中隐含的分类过程会使具体结论类别归纳推理比一般结论类别归纳推理诱发更大的 N400.

2 方 法

2.1 被 试

首先 20 名本科生(年龄 $M=22.73$, $SD=2.89$)参与了对正式实验中词语材料的熟悉性与典型性的评定, 其中男生 8 人, 女生 12 人. 之后随机选取 20 名本科生(年龄 $M=21.61$, $SD=2.17$)参与了正式实验, 其中男生 7 人, 女生 13 人, 这 20 名本科生没有参与熟悉性与典型性的评定. 所有被试均为右利手, 视力或矫正视力正常, 且都无精神和神经疾病史. 自愿参与, 实验后获得相应报酬.

2.2 实验设计与程序

与 Long 等^[5]的研究类似, 前提条件包括一个基本水平类别和一个空白属性. 类别成员是在 6 个自然类别(水果、蔬菜、花类、哺乳类、鸟类、鱼类)与 6 个人工类别(服装、工具、家具、电器、器皿、食物)下选取的一些成员, 属性是由大写字母和阿拉伯数字组成(例如, X1). 类别与属性通过空格相连, 表示类别具有这种属性. 例如“苹果 X1”, 表示苹果具有属性 X1. 结论条件同样也是由类别与空白属性组成, 同时, 属性后加一个问号“?”, 表示需要实验的参与者基于前提判断这个结论类别是否也具有该属性(例如, 香蕉 X1?).

实验包含两大类型条件, 一类是可接受的类别归纳推理, 一类是不可接受的类别归纳推理. 可接受的

类别归纳推理下结论类别与前提类别属同一类别, 结论属性与前提属性相同, 据此形成了 3 种条件: ① 一致结论类别归纳推理条件, 即结论的类别和属性与前提的类别、属性完全一致(例如, 前提: 苹果 X1, 结论: 苹果 X1?), 与 Heit 和 Rotello^[25-26] 以及 Rotello 和 Heit^[27] 的研究类似, 该任务将作为实验的基线条件; ② 具体结论类别归纳推理条件, 即结论类别为基本水平类别, 且与前提类别共属同一个上位水平类别, 结论属性与前提属性完全一致(例如, 前提: 苹果 X1, 结论: 梨子 X1?); ③ 一般结论类别归纳推理条件, 即结论类别为上位水平类别, 包含前提类别, 结论属性与前提属性完全一致(例如, 前提: 苹果 X1, 结论: 水果 X1?). 为了避免被试在整个实验中只按接受键, 或只是根据分类进行判断, 实验还设置了不可接受的类别归纳推理. 不可接受类别归纳推理中, 或者结论类别与前提类别无关, 或者结论属性与前提属性不一致. 不可接受的类别归纳推理为实验的填充条件, 本研究对此条件不做分析.

正式实验中, 65 个基本水平的自然类别被选为前提类别和可接受归纳任务中的结论类别. 这 65 个基本水平的自然类别的平均词长为 2.04($SD=0.37$). 20 名大学生对这些词语的熟悉性和典型性进行了 5 点量表评定(1=最不熟悉, 5=最熟悉; 1=最不典型, 5=最典型), 统计结果显示平均熟悉性为 4.02($SD=0.45$), 显著高于随机水平 3($t[64]=37.54, p<0.001, d=1.43$); 平均典型性为 4.16($SD=0.42$), 显著高于随机水平 3($t[64]=92.96, p<0.001, d=3.41$). 因此, 可接受归纳的条件下 3 个子条件均有 65 个试次. 为了使可接受类别归纳推理与不可接受类别归纳推理有大致一致的概率, 不可接受类别归纳推理共有 195 个试次.

图 1 为正式的实验流程. 首先屏幕中央会呈现一个注视点“+”表示实验开始, 呈现时间为 500 ms, 之后随机呈现一个 800~1 200 ms 的空屏, 紧接着呈现前提条件, 呈现时间为 500 ms, 在该阶段被试无需做出反应. 接着再次随机呈现一个 800~1 200 ms 的空屏, 之后呈现结论条件, 持续 2 000 ms, 要求被试做出判断, 10 名被试用右手食指按“1”键, 表示接受归纳推理, 右手中指按“2”键, 表示拒绝归纳推理, 另外 10 名被试用右手中指按“2”键, 表示接受归纳推理, 右手食指按“1”键, 表示拒绝归纳推理, 以平衡按键影响. 按键后刺激消失, 实验中刺激条件随机呈现. 正式实验前, 进行了 35 个试次的练习. 这 35 个试次不会出现在正式实验中.

2.3 脑电记录和分析

本实验使用德国 Brain Product 仪器, 被试佩戴 64 导联电极帽记录脑电. 参考电极置于左右乳突, 同时, 在左眼眶下侧记录垂直眼电(VEOG), 在右眼眶外侧记录水平眼电(HEOG), 所有电极点的头皮电阻小于 5 k Ω . 滤波带通为 0.05~100 Hz, 离线分析采样频率为 500 Hz. 用 Analyzer 1.0 对数据进行离线分析, 采用 30 Hz 低通滤波. 伴有眨眼、眼动、肌电等伪迹的数据均被排除, 排除标准 $\pm 80 \mu V$.

分别对 3 种条件(基线条件、具体结论类别归纳推理条件、一般结论类别归纳推理条件)中被试的接受率以及反应时进行了单因素的重复测量方差分析. 同时, 对被试在反应阶段按接受键的试次诱发的 ERP 成分按条件分别进行了叠加与平均, 其中每个条件下每名被试的有效试次不少于 43 次. 分析时段为刺激呈现前 200 ms(作为基线)至呈现后 1 200 ms. 对成分 P2 (180~240 ms), N2 (260~320 ms), P3b (320~420 ms)以及 N400 (400~500 ms)的潜伏期、峰值分别进行了条件(基线条件、具体结论、一般结论) $\times$ 脑区(前部: F3, Fz, F4; 前中部: FC3, FCz, FC4; 中部: C3, Cz, C4; 中后部: CP3, CPz, CP4; 后部: P3, Pz, P4) $\times$ 偏侧化(左侧、中线、右侧)三因素重复测量的方差分析. 统计结果采用 Greenhouse-Geisser 校正, 事后比较采用 Sidak 校正.

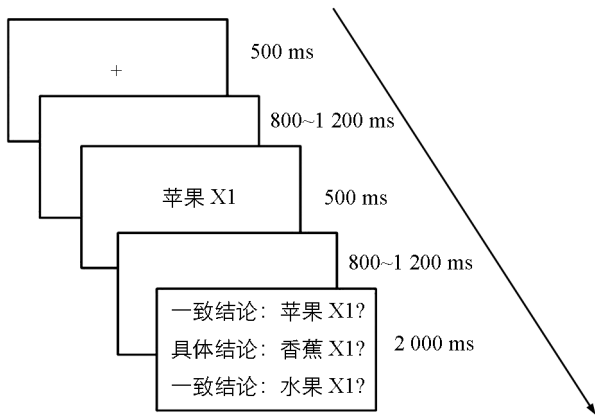


图 1 实验流程

3 结 果

3.1 行为结果

对行为数据进行的单因素重复测量的方差分析结果发现：3 种条件(基线条件、具体结论、一般结论)的接受率差异显著($F[2, 38]=14.70, p<0.001, \eta^2=0.44$)，事后比较分析结果显示：与具体结论和一般结论类别归纳推理相比，基线条件的接受率最高，但具体结论与一般结论任务在接受率上的差异无统计学意义[接受率 M (基线)=97.8%， $SD=2.7\%$ ； M (具体结论)=92.4%， $SD=5.6\%$ ； M (一般结论)=94.6%， $SD=3.1\%$]。表明被试更容易接受只需要进行知觉上匹配类别归纳推理。同时 3 种条件下各自的反应时差异有统计学意义($F[2, 38]=100.66, p<0.001, \eta^2=0.84$)。事后比较分析结果显示，3 种条件中，与基线条件和一般结论类别归纳推理相比，具体结论类别归纳推理对应的反应时更长，同时，一般结论类别归纳推理所需反应时比基线条件更长[反应时： M (基线)=790 ms， $SD=122$ ms； M (具体结论)=999 ms， $SD=179$ ms； M (一般结论)=915 ms， $SD=150$ ms]。

3.2 ERP 结果

表 1 是 3 种条件(基线条件、具体结论、一般结论类别归纳推理)诱发的 P2,N2,P3b,N400 成分潜伏期和峰值的三因素重复测量的方差分析结果。图 2 是 3 种条件在 9 个电极点(F3,Fz,F4,C3,Cz,C4,P3,Pz,P4)的波形图和成分 P2,N2,P3b,N400 的地形图。

表 1 可接受类别归纳推理 3 种条件诱发的 ERP 成分潜伏期和峰值的三因素重复测量的方差分析结果

		脑区	偏侧化	条件	脑区× 偏侧化	条件× 脑区	条件× 偏侧化	条件× 偏侧化×脑区
P2	潜伏期	4.05*	6.64**	0.43	2.67*	1.40	1.82	0.58
	峰值	2.79*	2.05	3.03	1.56	1.06	1.14	2.02*
N2	潜伏期	19.98***	<1	12.05***	0.81	1.41	0.45	1.20
	峰值	24.80***	35.97***	6.53*	3.69*	7.96***	5.63**	2.26**
P3b	潜伏期	4.10**	6.37**	1.78	0.45	0.76	0.68	0.80
	峰值	9.11**	6.32**	16.96***	0.88	1.43	18.32***	2.72*
N400	潜伏期	2.98*	0.76	4.22*	1.04	1.75	0.72	0.78
	峰值	13.55**	4.23*	11.80***	1.32	2.08	7.20**	1.68

注：*， $p<0.05$ ；**， $p<0.01$ ；***， $p<0.001$ 。

3 种条件下的 P2 成分潜伏期差异无统计学意义，但 P2 的峰值存在条件、脑区与偏侧化的交互作用。简单效应分析发现，基线条件在前部脑区(F4, FC3, FC4)诱发的 P2 成分最小，但具体结论与一般结论条件间差异无统计学意义。

N2 的潜伏期分析结果显示，3 种条件间存在 N2 潜伏期的条件主效应。事后比较分析发现，基线条件诱发的 N2 潜伏期最短，但具体结论与一般结论条件间差异无统计学意义。对于 N2 峰值的分析发现，存在任务、脑区、偏侧化的交互作用。简单效应分析发现，在 F3, Fz, F4, FC3, FCz, FC4 和 Cz 电极点上，基线条件诱发了最小的 N2，但具体和一般结论条件诱发的 N2 成分峰值差异无统计学意义。

3 种条件中 P3b 的潜伏期差异并不存在统计学意义，但是 P3b 的峰值存在条件、脑区与偏侧化的交互作用。简单效应分析发现，基线条件在 Cz, CPz, P3 和 Pz 电极点上诱发了最大的 P3b，同时，一般结论条件诱发的 P3b 峰值显著大于具体结论条件诱发的 P3b 峰值。

统计结果分析发现 N400 的潜伏期存在条件主效应，但事后检验显示，3 种任务的 N400 潜伏期差异并不存在统计学意义。N400 的峰值存在条件、脑区与偏侧化的交互作用。事后检验表明，在 Cz, CPz 和 Pz 的电极点上，一般结论比具体结论条件诱发了更小的 N400。同时基线条件诱发了最小的 N400。

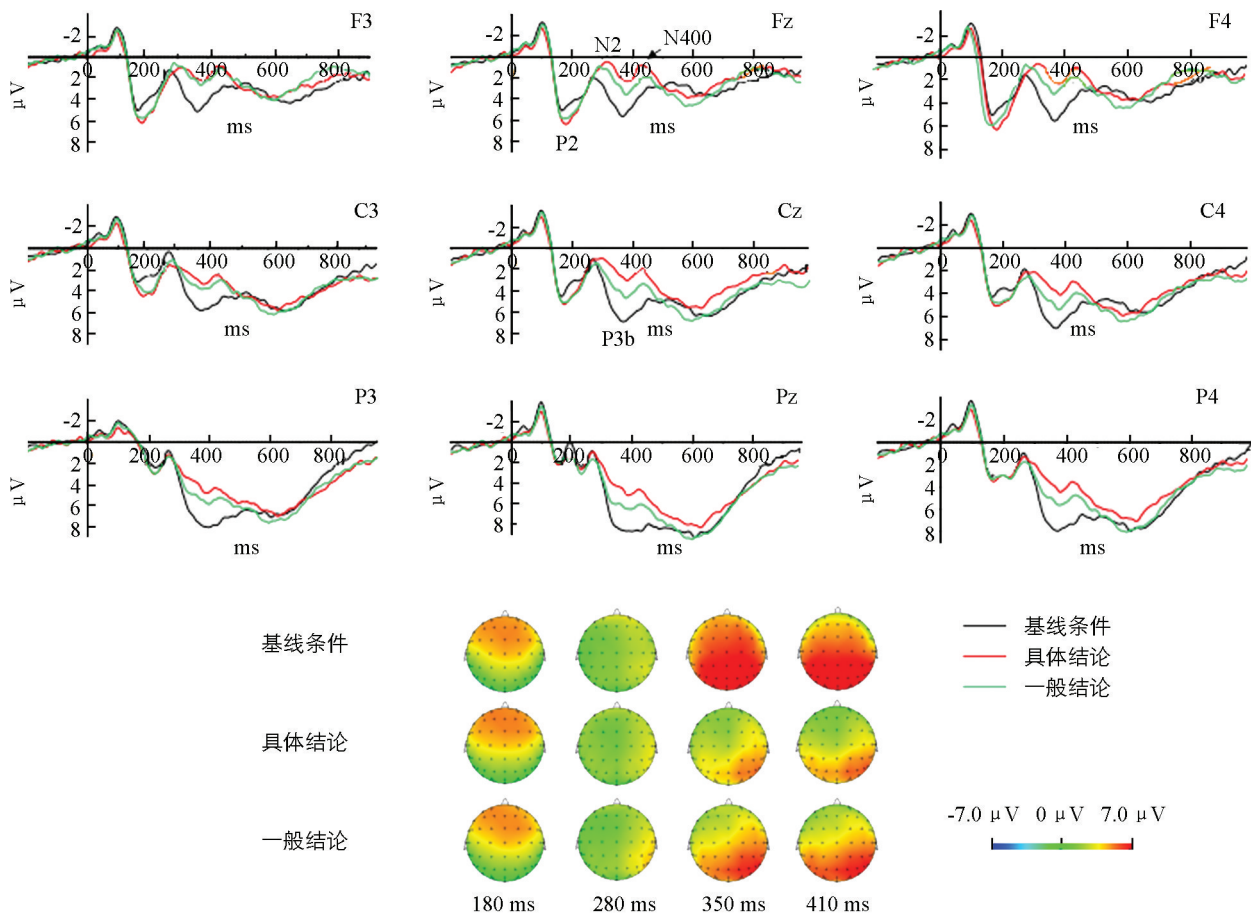


图 2 ERP 波形图(上)与地形图(下)

4 讨论

4.1 行为结果分析

对可接受类别归纳推理下 3 种条件诱发的相关行为数据的分析结果显示, 被试对具体结论类别归纳推理的反应时显著长于一般结论类别归纳推理, 可能说明被试在进行具体结论类别归纳推理判断时需要额外产生一个最小上位水平类别的认知过程, 这一结果符合 Osherson 等人^[11]相似性覆盖模型以及假设评价模型^[12-13]的相关理论. 另外, 被试接受一致结论类别归纳推理的概率显著高于接受具体和一般结论类别归纳推理的概率. 同时, 被试在一致结论条件下所需的反应时最短, 这可能是由于被试在进行一致结论类别归纳推理时可以仅通过知觉匹配与否来完成判断.

4.2 ERP 结果分析

与基线条件相比, 具体结论和一般结论类别归纳推理诱发了更大的前部 P2 成分, 但两者之间并不存在统计学意义的差异. P2 成分与知觉的检测相关^[28], 并且前部脑区的 P2 与汉字正字法的提取密切相关, 正字法的表征会增大 P2 的波幅^[14-15]. 本研究的实验材料为汉字, 与基线条件相比, 具体结论与一般结论类别归纳推理的结论类别与前提类别是不同的, 即汉字字形不完全一致, 因此具体和一般结论条件激活了更大的前部 P2 成分, 表明该成分反映的正是对正字法特征的提取与分析.

实验结果还发现, 具体结论与一般结论类别归纳推理 N2 成分的峰值和潜伏期差异不存在统计学意义, 但均比基线条件诱发了更大的前部 N2 成分. 前部的 N2 成分与多个不同维度的知觉失匹配相关, 知觉失匹配会诱发前部 N2, 并且会增大前部 N2 成分^[19, 29]. Bonnefond 和 Van der Henst^[17-18]研究发现在条件推理任务中, 前提或结论维度不匹配的情况(例如, 大前提: 如果 P, 那么 Q; 小前提: 如果 R, 那么 Q, 或者如果 P, 那么 S), 会比前提结论相互匹配的情况(例如, 大前提: 如果 P, 那么 Q; 小前提: 如果 P, 那么 Q)诱

发更大的 N2. 在本研究中, 相比于具体结论与一般结论条件, 基线条件的结论与前提相同, 在知觉上一致匹配, 因而诱发了最小的 N2 成分.

另外, 研究发现具体结论类别归纳推理比一般结论类别归纳推理诱发了更小的 P3b. 之前的研究表明, P3b 反映的是记忆的更新或者情景记忆的维持^[17]. 当记忆负荷增加时, P3b 的波幅会随之减小^[16, 20]. 根据相似性覆盖模型以及假设评价模型可以认为, 在具体结论类别归纳推理条件中, 被试需要在记忆中提取相关的最小上位水平类别, 进行类别的提取增大了工作记忆的负荷, 而在一般结论类别归纳推理条件中, 最小上位水平类别是直接呈现的, 无需被试在记忆中进行提取. 因而, 具体结论类别归纳推理诱发了更小的 P3b.

同时, P3b 也反映了推理中的预期满意程度^[17-18, 31]. 一系列的演绎推理^[17-18, 31]和归纳推理^[5, 7]的 ERP 研究认为, 越符合推理预期, P3b 就越大. 根据这个假设, 在进行一般结论类别归纳推理时产生的预期要高于进行具体结论类别归纳推理时所产生的预期, 因而一般结论条件诱发的 P3b 比具体结论条件诱发的 P3b 更大. 经典的语义记忆激活扩散模型^[31]假定语义记忆是一个网络工作模态, 一个概念的激活会导致另一个相关概念的激活. 在这个网络模态中, 类别共有的属性通常会存储在上位水平类别中. 本研究中, 一般结论条件的结论类别是上位水平类别, 与其相关的属性推理更容易得到激活, 更符合推理预期满意, 因而在类别归纳推理中, 一般结论条件比具体结论条件诱发了更大的 P3b.

数据分析结果显示, 一般结论类别归纳推理比具体结论类别归纳推理诱发了更小的 N400. 这一结果可能反映了一般结论类别的重复效应. 前人研究发现词语的重复出现会减小 N400 的波幅^[32]. 本实验中一般结论类别只有 6 项, 而具体结论类别有 65 项. 但是, 有些研究也发现, 词语重复 2 至 3 次后, 将不会再削弱 N400 的波幅^[33]. 并且, Kounios 和 Holcomb^[33]指出在内隐的语义启动任务中, 即使对重复效应进行严格控制, 具体类别词语也会比一般类别词语诱发更大的 N400 成分. 因此, 在本实验中, N400 波幅的减少可以但不能完全归因于一般结论的重复效应.

一些研究还发现, 延迟的失匹配常常与语义策略有关^[5, 34], 且 N400 的波幅受到整合语义关系的认知努力程度的影响^[22-23]. 例如, 有研究显示两项目语义距离越远, N400 的波幅就越大^[35]. 一些研究也显示, 给一个具体水平类别分配一个包含它的上位水平名称并不需要很大的认知努力^[36]. 因此, 与一般结论类别归纳推理相比, 具体结论类别归纳推理任务诱发的 N400 更大, 反映了被试在进行具体结论类别归纳推理时, 在整合语义关系上需要花费更多的认知努力. 基线条件只是简单的知觉匹配的认知过程, 因而诱发了最小的 N400.

5 结 论

本研究采用事件相关电位技术(ERP), 结果发现具体结论和一般结论类别归纳推理比基线条件诱发了更大的 P2、N2 成分, 反映了汉字正字法的表征分析和知觉上的失匹配过程. 同时, 一般结论类别归纳推理比具体结论类别归纳推理诱发了更大的 P3b, 表明在类别归纳推理中, 一般结论比具体结论条件在类别归纳推理时需要更少的工作记忆或有更大的推理预期满意程度. 研究结果也进一步发现, 一般结论类别归纳推理比具体结论类别归纳推理诱发了更小的 N400, 表明一般结论比具体结论条件需要更少的认知努力整合信息. 这些结果表明, 在类别归纳推理中, 具体结论和一般结论的 ERP 特征存在差异, 支持了类别归纳推理中具体结论和一般结论有不同认知过程的假说.

参考文献:

- [1] SLOUTSKY V M. The Role of Similarity in the Development of Categorization [J]. Trends in Cognitive Sciences, 2003, 7(6): 246-251.
- [2] MURPHY G L. The Downside of Categories [J]. Trends in Cognitive Sciences, 2003, 7(12): 513-514.
- [3] KEMP C, JERN A. A Taxonomy of Inductive Problems [J]. Psychonomic Bulletin & Review, 2014, 21(1): 23-46.
- [4] LIANG P, ZHONG N, LU S, et al. ERP Characteristics of Sentential Inductive Reasoning in Time and Frequency Domains [J]. Cognitive Systems Research, 2010, 11(1): 67-73.

- [5] LONG C, LI J, CHEN A, et al. Event-Related Potential Responses to Letter-String Comparison Analogies [J]. *Experimental Brain Research*, 2015, 233(5): 1563—1573.
- [6] WANG X, TAO Y, TEMPEL T, et al. Categorization Method Affects the Typicality Effect: ERP Evidence from a Category-Inference Task [J]. *Frontiers in Psychology*, 2016, 7: 184.
- [7] 李 婧, 陈安涛, 陈 杰, 等. 词语型类别属性归纳中分类与属性推理过程的时间特征 [J]. *心理学报*, 2016, 48(11): 1410—1422.
- [8] SLOMAN S A. Feature-Based Induction [J]. *Cognitive Psychology*, 1993, 25(2): 231—280.
- [9] HEIT E. A Bayesian Analysis of Some forms of Inductive Reasoning [J]. *Rational Models of Cognition*, 1998: 248—274.
- [10] TENENBAUM J B, GRIFFITHS T L, KEMP C. Theory-Based Bayesian Models of Inductive Learning and Reasoning [J]. *Trends in Cognitive Sciences*, 2006, 10(7): 309—318.
- [11] OSHERSON D N, SITH E E, WILKIE O, et al. Category-Based Induction [J]. *Psychological Review*, 1990, 97(2): 185—200.
- [12] MCDONALD J, FRANK D M, SAMUELS M, et al. Categorical Induction as Hypothesis Assessment [J]. *The Psychological Record*, 2003, 53(1): 121—142.
- [13] MCDONALD J, SAMUELS M, RISPOLI J. A Hypothesis-Assessment Model of Categorical Argument Strength [J]. *Cognition*, 1996, 59(2): 199—217.
- [14] HSU C H, TSAI J L, LEE C Y, et al. Orthographic Combinability and Phonological Consistency Effects in Reading Chinese Phonograms: an Event-Related Potential Study [J]. *Brain and Language*, 2009, 108(1): 56—66.
- [15] LEE C Y, TSAI J L, CHAN W H, et al. Temporal Dynamics of the Consistency Effect in Reading Chinese: an Event-Related Potentials Study [J]. *Neuroreport*, 2007, 18(2): 147—151.
- [16] POLICH J. Updating P300: an Integrative Theory of P3a and P3b [J]. *Clinical Neurophysiology*, 2007, 118(10): 2128—2148.
- [17] BONNEFOND M, VAN DER HENST J B. What's Behind an Inference? An EEG Study with Conditional Arguments [J]. *Neuropsychologia*, 2009, 47(14): 3125—3133.
- [18] BONNEFOND M, VAN DER HENST J B. Deduction Electrified: ERPs Elicited by the Processing of Words in Conditional Arguments [J]. *Brain and Language*, 2013, 124(3): 244—256.
- [19] FOLSTEIN J R, VAN PETTEN C. Influence of Cognitive Control and Mismatch on the N2 Component of the ERP: a Review [J]. *Psychophysiology*, 2008, 45(1): 152—170.
- [20] KOK A. On the Utility of P3 Amplitude as a Measure of Processing Capacity [J]. *Psychophysiology*, 2001, 38(3): 557—577.
- [21] NUNEZ-PENA M I, HONRUBIA-SERRANO M L. N400 and Category Exemplar Associative Strength [J]. *International Journal of Psychophysiology*, 2005, 56(1): 45—54.
- [22] KUTAS M, FEDERMEIER K D. Electrophysiology Reveals Semantic Memory Use in Language Comprehension [J]. *Trends in Cognitive Sciences*, 2000, 4(12): 463—470.
- [23] KUTAS M, FEDERMEIER K D. Thirty Years and Counting: Finding Meaning in the N400 Component of the Event Related Brain Potential (ERP) [J]. *Annual Review of Psychology*, 2011, 62: 621—647.
- [24] KOUNIOS J, HOLCOMB P J. Structure and Process in Semantic Memory: Evidence from Event-Related Brain Potentials and Reaction Times [J]. *Journal of Experimental Psychology: General*, 1992, 121(4): 459—479.
- [25] HEIT E, ROTELLO C M. Relations Between Inductive Reasoning and Deductive Reasoning [J]. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 2010, 36(3): 805—812.
- [26] HEIT E, ROTELLO C M. The Pervasive Effects of Argument Length on Inductive Reasoning [J]. *Thinking & Reasoning*, 2012, 18(3): 244—277.
- [27] ROTELLO C M, HEIT E. Modeling the Effects of Argument Length and Validity on Inductive and Deductive Reasoning [J]. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 2009, 35(5): 1317—1330.
- [28] CHEN A, LUO Y, WANG Q, et al. Electrophysiological Correlates of Category Induction: PSW Amplitude as an Index of Identifying Shared Attributes [J]. *Biological Psychology*, 2007, 76(3): 230—238.
- [29] BLANCHETTE I, EI-DEREDY W. An ERP Investigation of Conditional Reasoning with Emotional and Neutral Con-

- tents [J]. *Brain and Cognition*, 2014, 91: 45–53.
- [30] BONNEFOND M, CASTELAIN T, CHEYLUS A, et al. Reasoning from Transitive Premises: An EEG Study [J]. *Brain and Cognition*, 2014a, 90(4): 100–108.
- [31] COLLINS A M, LOFTUS E F. A Spreading-Activation Theory of Semantic Processing [J]. *Psychological Review*, 1975, 82(6): 407–428.
- [32] FINNIGAN S, HUMPHREYS M S, DENNIS S, et al. ERP ‘old/new’ Effects: Memory Strength and Decisional Factor(s) [J]. *Neuropsychologia*, 2002, 40(13): 2288–2304.
- [33] KOUNIOS J, HOLCOMB P J. Structure and Process in Semantic Memory: Evidence from Event-Related Brain Potentials and Reaction Times [J]. *Journal of Experimental Psychology: General*, 1992, 121(4): 459–479.
- [34] BENNETT M A, DUKE P A, FUGGETTA G. Event-Related Potential N270 Delayed and Enhanced by the Conjunction of Relevant and Irrelevant Perceptual Mismatch [J]. *Psychophysiology*, 2014, 51(5): 456–463.
- [35] HILL H, OTT F, WEISBROD M. SOA-Dependent N400 and P300 Semantic Priming Effects Using Pseudoword Primes and a Delayed Lexical Decision [J]. *International Journal of Psychophysiology*, 2005, 56(3): 209–221.
- [36] SCHUMACHER R, WIRTH M, PERRIG W J, et al. ERP Correlates of Superordinate Category Activation [J]. *International Journal of Psychophysiology*, 2009, 72(2): 134–144.

Electrophysiological Differences Between Specific and General Conclusions During Category-Based Induction

LI Xiao-fang¹, LI Jing², LONG Chang-quan²

1. *Chongqing Education Evaluation Institute, Chongqing 400020, China;*

2. *Faculty of Psychology, Southwest University, Chongqing 400715, China*

Abstract: In an experiment reported here, the event-related potential responses to specific conclusions (e. g. inference from apples having property X to bananas having property X) and general conclusions (e. g. inference from apples having property X to fruits having property X) were compared to reveal the implicit categorization in semantic memory by demonstrating the conclusion-specificity effects during category-based induction. The results showed that specific- and general-conclusion tasks elicited larger P2 amplitudes than did identical-conclusion tasks (e. g. inference from apples having property X to apples having property X), reflecting the analysis of orthographic representations for Chinese words. Specific- and general-conclusion tasks also elicited larger N2 and N400 components than did identical-conclusion tasks, reflecting perceptual mismatches. Moreover, the results showed that specific-conclusion arguments elicited smaller P3b than did general-conclusion tasks, reflecting higher load on working memory or lower degree of expectation satisfaction for specific-conclusion arguments during reasoning. Furthermore, the results showed that specific-conclusions elicited larger N400 components than did general-conclusions, suggesting the increasing cognitive effort for semantic integration for specific-conclusion arguments. These findings indicated that there were different event-related potential responses between specific- and general-conclusion arguments during category-based induction.

Key words: category-based induction; specific conclusion; general conclusion; ERP (event-related potential)

