中国科学 C辑:生命科学 2008 年 第 38 卷 第 1 期: 93 ~ 100
www.scichina.com life.scichina.com
《中国科学》杂志社
SCIENCE IN CHINA PRESS

错误信念推理的时间过程与源定位

王益文[①②③], 刘岩[①], 高艳霞[①], 陈晶[①], 张文新[①*], 林崇德[③*]

① 山东师范大学心理学院, 济南 250014;
② 东南大学学习科学研究中心, 南京 210096;
③ 北京师范大学认知神经科学与学习国家重点实验室, 北京 100875
* 联系人, E-mail: linchongde@263.net; zhangwenxin@sdnu.edu.cn

收稿日期: 2007-05-14; 接受日期: 2007-10-16
国家自然科学基金(批准号:30700238)、国家社会科学基金(批准号: CBA060059)、认知神经科学与学习国家重点实验室和泰山学者建设工程资助项目

摘要 理解他人心理并进行人际互动是人类交往的认知基础, 人所持有的信念直接决定着个体的心理活动. 为了研究推测他人信念的认知神经机制, 记录并分析了14名健康成人执行“欺骗外表”任务时的32导脑电数据. 错误信念与正确信念问题呈现后, 均在头皮中前部诱发了N100, P200和晚期负成分(LNC). LNC从400 ms左右开始, 一直持续到1200 ms结束. 在400~800 ms, 错误信念LNC显著低于正确信念. 对错误信念减正确信念所得差异波进行源分析, 发现偶极子定位于扣带回中部皮层. 这些发现表明, 错误信念推理中可能包含了抑制加工.

关键词
心理理论
错误信念
事件相关电位
晚期负成分(LNC)
抑制

“心理理论”(theory-of-mind, TOM)是指理解自己和他人的愿望、信念、意图等心理状态并据此推测他人的行为. 它最早起源于Premack和Woodruff对黑猩猩是否具有一种“心理理论”的研究[1]. 理解他人心理并进行人际互动是人类交往的认知基础, 人所持有的信念直接影响着个体的心理活动. 心理理论研究从行为机制[2~5]逐步向探讨其认知神经基础过渡[6~9]. 功能磁共振(fMRI)研究发现, 在完成心理理论相关任务时, 内侧前额叶(包括眶额叶和扣带回皮层)[10~14]、颞顶连接处[15,16]、颞上沟(包括杏仁核)[10~12,17]等区域有明显的激活.

Sabbagh和Taylor使用文字叙述了信念故事和照片故事, 分别考察信念推理和真实表征过程中大脑的活动模式[18]. 分析ERP结果发现, 信念(belief)和真实(reality)表征在时间和空间上的分离都很明显. ERP波形在问题消失后(呈现注视点时)300~400 和 600~840 ms差异显著, 在左额区错误信念诱发的正成分显著大于真实问题; 在左顶部, 错误信念诱发的正成分波幅显著小于真实问题, 而 600~840 ms错误信念诱发的负成分也显著小于真实问题. 这种差异可能反映了信念表征和真实表征的不同. 此项研究虽然在左额部发现了ERP成分的差异, 但不能排除这种空间分布与语言文字的加工无关. Liu等人[19]用图画来呈现错误信念任务, 发现图片呈现后约 800 ms在左额区错误信念的ERP正成分波幅显著小于真实问题, 这种分离在左额区最大, 在大脑后部和右半球差异不明显. 对 700~900 ms间的差异波进行偶极子源分析发现, 该ERP晚成分定位于左侧眶额皮层(orbitofrontal cortex). 采用图画作为刺激材料,也在左额区观察到ERP成分的差异,研究者认为, 出现在该区域的ERP晚成分可能与信念和真实的区分有关. 与真实表征相比, 错误信念推理表现出ERP波幅的减弱.

上述两个研究都试图考察信念与真实动态加工过程的差异, 但结论不一致, 研究者认为这可能是由于材料不同所致[19]. Sabbagh等人[20]采用128导ERP记录了被试依据眼神所传达的信息对他人心理状态进行解码时的脑电数据, 试图探讨先于心理推理过程之前出现的心理状态解码的神经基础. 结果发现, 解码心理状态诱发出遍及右侧额叶下部和颞叶前部的N270~400, 该成分的溯源分析定位于右侧眶额皮层和内侧颞叶.

错误信念(false belief)任务在心理理论的研究中被广泛使用. 发展心理学家普遍认为儿童能够理解错误信念标志着心理理论能力的获得. 因为信念是错误的时, 根据错误信念预期的行为与根据真实事件状态预期的行为是不同的. 通过错误信念任务就意味着个体理解了他人对世界的表征和解释(信念)会决定其行为. 然而, 需要注意的是, 成人和儿童对他人心理的日常推理主要依赖于正确信念. Gallagher等人[14]和Fletcher等人[21]分别对心理理论故事和两个控制条件进行比较, 两个控制条件分别是非心理理论故事和无关句子组. 其中的非心理理论故事实质上是让被试基于正确信念对故事中主人公的行为进行解释. 研究者发现, 与无关句子组相比, 心理理论和非心理理论故事都在颞顶连接处引起强烈激活. 这说明无论是错误信念还是正确信念的推理均可能激活相同的脑区. 但这是否说明两种信念的神经加工过程是完全相同的呢? 在Sabbagh等人[18]和Liu等人[19]所进行的两项ERP研究中, 均将错误信念的推理过程与对真实问题的加工做比较, 其研究结论不能回答上述问题.

Leslie等人[22]在“趋近型”(approach)错误信念和“回避型” (avoidance)错误信念任务中, 分别设计了主人公未看见或看见物体转移这两种情境, 以此来产生错误信念和正确信念, 并将两者作为对等条件进行比较. 通过分析儿童在这两种问题情境下的表现, Leslie提出错误信念任务中抑制加工的存在. 基于Leslie的行为实验来看, 个体对正确信念与错误信念的加工是两个不完全相同的心理过程, 正确信念与客观事实相吻合, 加工过程中不存在信息冲突, 不需要抑制优势反应, 因此加工速度要快些. Sabbagh等人[18]和Liu等人[19]的ERP研究与上述实验任务均为“意外转移” (unexpected-transfer)范式. 本研究采用“欺骗外表” (deceptive-appearance)任务, 比较错误信念与正确信念推理所诱发ERP成分的差异, 以正确信念为对照条件探查错误信念推理的认知神经机制, 为心理理论脑机制研究积累神经电生理学证据.

1 方法

1.1 被试

被试为 14 名大学生或研究生, 男女各半, 年龄在19~24岁之间. 平均年龄为21岁8个月. 被试均为右利手, 身体健康, 无精神系统疾病, 没有脑部损伤史, 视力正常或校正后正常.

1.2 刺激材料

采用数码相机拍摄的关于产品包装盒及其所盛物品的彩色照片共180张, 其中未打开的产品包装盒照片 60 张, 包装盒打开后盛有线索提示物品和意外物品的照片各 60 张. 另外有 9 张照片用于正式实验之前的练习实验. 用 photoshop7.0 对照片的象素、尺寸、背景、亮度、对比度和色彩饱和度做了统一处理, 以确保刺激材料的一致性. 照片象素为 568×426, 大小为 11.0 cm×14.6 cm. 照片拍摄时均采用银灰色电脑桌面为背景. 实验过程中, 照片和问题交替呈现在黑色屏幕的正中央, 问题采用 32 号白色标准宋体的文本形式呈现. 被试与显示器的水平视角为 10°.

1.3 实验程序

采用“欺骗外表”任务, 首先呈现一个未打开的包装盒, 被试要根据盒子上提供的线索预测包装盒内所盛的物品, 并回答外表问题. 然后呈现打开后的包装盒, 有两种情况, 一种与线索提示符合, 则该刺激序列就是一致序列; 另一种与线索提示不符合, 包装盒内所盛的物品不是包装盒外部线索所提示的, 而是一个意外物品, 则该刺激序列为不一致序列. 随后的 3 个问题依次是信念问题、真实问题和表征变化问题. 其中, 信念问题是:别人从没看到打开的盒子, 他会认为盛的是“某种物品”吗? 在一致序列中没有出现意外物品, 故此时的信念问题为正确信念. 不一致序列中因为有意外物品出现, 所以信念问题为错误信念. 每一问题下面都给被试列出“是”或“否”的答案供其按键选择, 被试通过鼠标按键来完成反应. 按

键标准是: 若选择的答案在屏幕的左侧, 就按鼠标左键, 若在右侧就按鼠标右键. 为防止顺序效应, 避免被试掌握规律, “是”或“否”在屏幕上的出现位置进行了问题间平衡, 左右手指按键进行被试间平衡.

刺激序列的呈现时间如图 1 所示: “+”呈现 200 ms, 照片呈现 1000 ms, 每一个问题都呈现 2000 ms, 刺激结束到下一个刺激开始的间隔(ISI)为 200 ms. 被试只有在问题出现的时候才做按键反应. 整个实验共有 120 个序列, 一致和不一致序列各半, trial 间设置 200~400 ms 内随机间隔. 所有序列整体随机后, 平均分为 4 段(每段约 6 分钟)执行. 正式实验开始前, 被试先进行与正式实验程序相同的 6 个刺激序列的练习, 以便学会实验操作. 为了避免出现再认效应, 练习的实验材料与正式实验不同.

1.4 脑电记录

采用 NeuroScan ERP 记录与分析系统, 按国际 10~20 系统扩展的 32 导电极帽记录 EEG. 以双侧乳突连线为参考点, 前额接地, 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). 滤波带通为 0.05~100 Hz, 采样频率为 1000 Hz/导, 头皮阻抗<5 kΩ.

1.5 ERP 数据处理与统计分析

完成连续记录 EEG 后离线(off-line)处理数据, 用 Scan 软件校正 VEOG 和 HEOG, 并充分排除其他伪迹. 本研究对信念问题呈现时的脑电进行分析, 仅对反应正确的 EEG 进行叠加. 波幅大于±100 μV 者视为伪迹自动剔除. 分析时程(epoch)为刺激后 1500 ms, 刺激前 200 ms 为基线, 对整段 ERP 进行了线性校正(Linear Detrend)及基线校正以消除漂移伪迹. 据已有研究和本研究的目的, 选取头皮前部的 F3/F4, F7/F8, FC3/FC4 和 C3/C4, 以及 FZ, FCZ 和 CZ 共 11 个电极, 主要分析 400~800 ms 之间的晚期负成分(late negative component, LNC). 进行任务(错误信念 vs. 正确信念)×电极的二因素重复测量方差分析, P 值采用 Greenhouse-Geisser 法校正.

1.6 偶极子源分析

采用脑电源分析程序 BESA 5.0 进行偶极子源定位. 以错误信念与正确信念的 LNC 相减得到的差异波为分析数据, 与一个标准磁共振成像(MRI)脑结构融合在一起, 采用 Genetic 算法和四壳头模型(four-shell ellipsoidal head model). 偶极子定位没有唯一解, 对 400~800 ms 间的差异波进行主成分分析(principal component analysis, PCA)确定偶极子数.

2 结果

2.1 行为数据

欺骗外表任务中各问题的正确率和反应时见表 1. 错误信念的反应时(1008±182.6 ms)显著长于正确信念反应时(965±202.6 ms), $t_{(13)}=2.68$, $P<0.05$. 外表问题、真实问题和表征变化的反应时和正确率在一致序列与不一致序列之间均不存在显著差异.

2.2 ERP 分析

欺骗外表任务中错误信念和正确信念推理的 ERP 总平均波形见图 2(a). 错误信念和正确信念推理的波形相似并且走向一致. 两种条件均在头皮中前部诱发有差异的 N100, P200 和 LNC, LNC 从刺激后

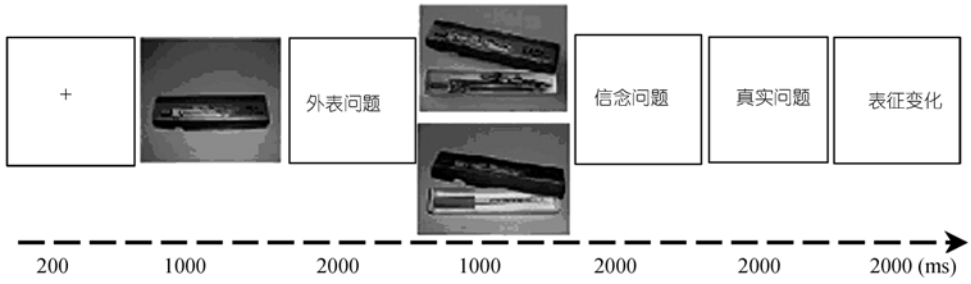

图 1　实验刺激序列的呈现时间与方式

表 1　欺骗外表任务的正确率和反应时(n=14)

	正确率(平均值±标准差)/%		反应时(平均值±标准差)/ms	
	不一致序列	一致序列	不一致序列	一致序列
外表问题	99.2±1.4	99.0±2.4	961±128.9	979±128.8
信念问题	98.1±2.4	99.4±0.8	1008±182.6	965±202.6
真实问题	96.2±3.8	96.9±2.8	932±137.3	945±130.8
表征变化	96.7±2.6	97.4±3.4	1066±189.7	1075±205.3

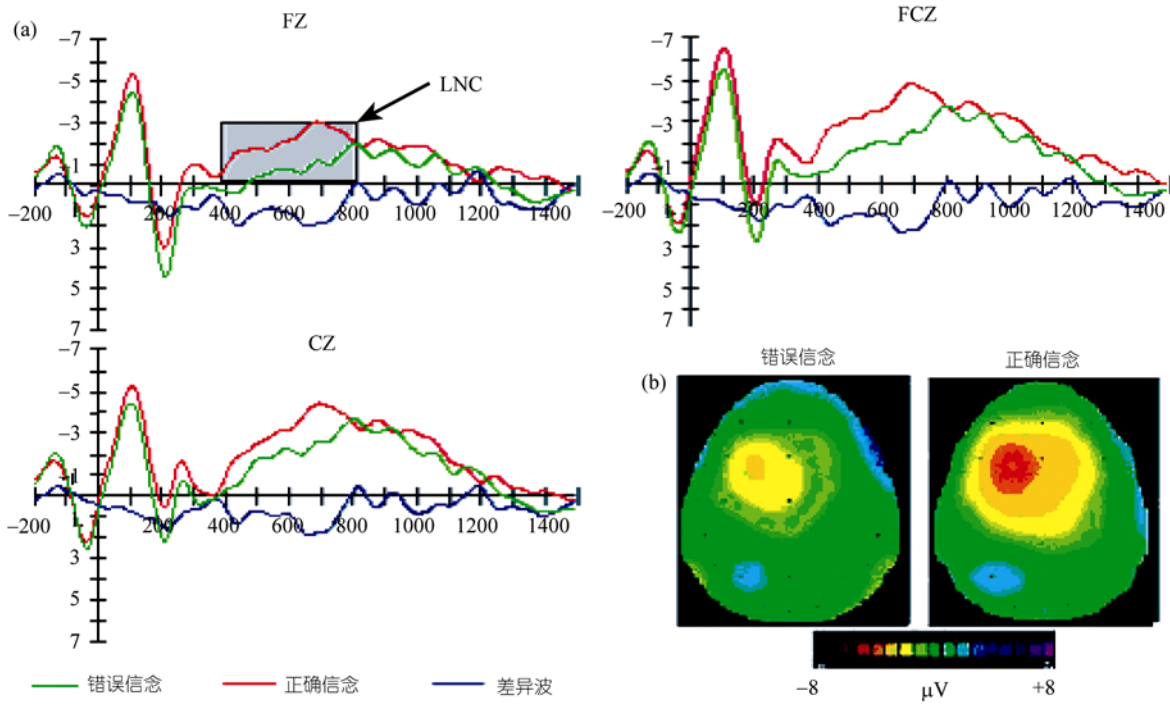

图 2　错误信念与正确信念的 ERP 总平均波形及差异波(a) (n=14)及 LNC 的脑电地形图(400~800 ms)(b)

400 ms 左右开始, 一直持续到 1200 ms 结束. 正确信念和错误信念推理所诱发的 N100($F_{(1,13)}$=0.84, P>0.05)和 P200($F_{(1, 13)}$=1.56, P>0.05)波幅差异均不显著. 图 2(a)显示, 在 400~800 ms 之间, 错误信念和正确信念推理所诱发的 LNC 表现为持续的负走向, 但是错误信念推理的波形均在正确信念推理的波形之下. 两种推理过程中大脑活动的不同不仅表现为 ERP 波形的差异, 400~800 ms 之间的脑电地形图分析发现信念推理的 ERP 分布于头皮偏左的中前额区, 错误信念明显弱于正确信念推理, 两者所诱发 ERP 的激活程度和头皮分布模式均存在差别, 见图 2(b).

本研究主要对错误和正确信念条件下的 LNC 进行统计分析. LNC 持续时间较长且无明显波峰, 进一步统计分析时测量其平均波幅. 从 400 ms 起至 800 ms 止, 间隔 100 ms 测一次波幅, 分别进行任务(正确信念推理 vs 错误信念推理)×电极点的两因素重复测量方差分析. 结果发现, 400~800 ms 内, 任务主效应显著, $Fs_{(1,13)}$=7.25/5.17/9.29/6.97, Ps<0.05, 错误信念推理所诱发的 LNC 平均波幅显著小于正确信念. 两种条件下 LNC 波幅的最大差异出现在 600~700 ms 之间, $F_{(1,13)}$=9.29, P<0.05, 此时错误信念推理的 LNC 平均波幅为−0.61±0.81 μV, 而正确信念推理为−2.19±0.75 μV. 400~800 ms 内, 错误信念和正确信念推理所诱发的 LNC 的平均波幅比较见图 3. 另外, 电极点主

效应在 400~800 ms 之间也一直显著, $Fs_{(10,130)}$=8.96/12.28/12.14/15.12, Ps<0.05. 400~500 ms 之间, LNC 的最大波幅出现在 F7/F8 点, 幅值为 2.24±0.66 μV. 500~800 ms 内波幅的最大值均出现在 FCZ 点, F7/F8 的波幅均为最小. 电极电位变化主要分布于前额中央区, F7/F8 点的幅值仅在 400~500 ms 内出现最大, 在 500~800 ms 内均为最小值点.

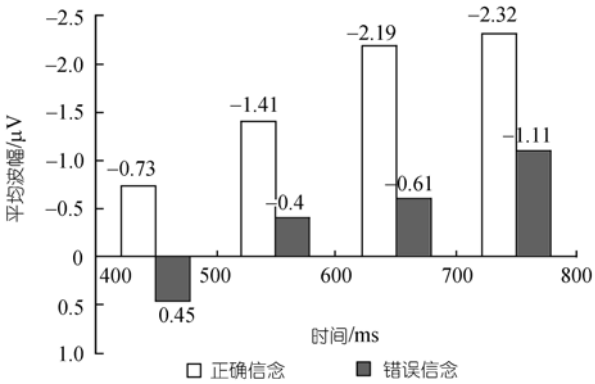

图 3　错误信念和正确信念推理诱发的 LNC 波幅比较

2.3　LNC 差异波源分析

错误信念与正确信念推理在 400~800 ms 诱发了存在显著差异的 LNC, 对错误信念减正确信念的差异波进行偶极子定位. 不限定偶极子位置和方向, 采用 Genetic 算法拟合. 对 400~800 ms 的差异波 ERP 进行主成分分析(PCA)得到 1 个偶极子(图 4); 偶极子最强的时间点位于 650 ms,其对数据的解释率为 91.3%. Talairach 坐标为(x=−9.5, y=3.5, z=51.0), 定位于扣带回皮层(cingulated cortex)中部附近. 该脑模型的残差(residual variance, RV)为 20.35%.

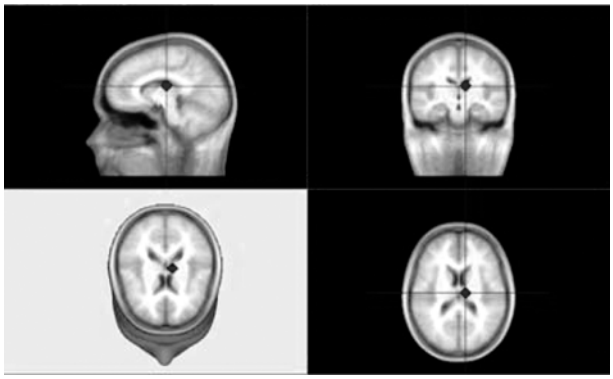

图 4　LNC 差异波的偶极子源定位(650 ms)

3　讨论

3.1　错误信念推理时激活脑区的减弱

比较了欺骗外表任务中错误信念与正确信念推理时所诱发的 ERP 成分, 初步探查了个体推测他人信念时大脑动态加工的时间过程与源定位. 结果发现, 错误信念和正确信念推理均在头皮中前部, 特别是前额叶和中央区, 诱发出 N100, P200 和 LNC. 错误信念和正确信念推理的 N100 和 P200 不存在显著差异, 这表明在信念问题呈现后 200 ms 时个体还不能区分错误和正确信念. 与正确信念相比, 错误信念推理所诱发的 LNC 波幅减弱, 从 400 ms 开始到 800 ms, 错误信念推理所诱发的 LNC 平均波幅一直持续显著小于正确信念. 大脑对错误信念和正确信念的推理加工可能是从 400 ms 起开始出现分离的. 从脑电地形图看, 信念推理所诱发的 ERP 分布于中前额区, 错误信念和正确信念的激活模式存在差异.

本研究中LNC波幅和脑电地形图均发现, 错误信念推理时相应脑区激活程度发生减弱, Sabbagh和Taylor[18]使用文字材料发现左额区错误信念的ERP波幅显著正向大于真实问题. 随后的ERP研究 [19]使用了图画材料发现图片呈现后大约 800 ms, 在左额区信念问题诱发的ERP波幅小于真实问题. Sabbagh等人 [20]分析观察眼睛图片时的脑电来研究解码心理状态, 他们发现解码他人心理状态所诱发的N270~400波幅比性别判断诱发的波幅更大. 上述两个研究的刺激材料是英文或图画, 已有ERP研究比较错误信念和真实表征只能区分心理理论和非心理理论加工, 但两者所包含的心理成分复杂. 本研究则以汉字材料呈现信念问题, 比较分析了正确信念与错误信念推理, 进一步分析了心理理论加工中错误信念加工的时间过程. 从 400 ms开始所诱发的LNC可能包含了汉字词语加工的类N400 成分, 反映了汉字材料呈现的信念推理加工的时间过程, 而不仅仅是问题理解上的语义通达.

3.2　信念推理中可能包含的抑制加工

在本研究中, 错误信念推理的反应时显著长于

正确信念, 这说明比起推理正确信念而言, 错误信念的推理可能要更复杂一些, 所以加工时间会更长. 错误信念和正确信念问题的呈现形式完全相同, 所不同的仅仅是正确信念推理是在自我与他人认知一致的序列中, 推理错误信念时自我与他人的认知不一致, 被试则要整合他人基于外部线索预期的物品与实际物品之间的冲突, 被试要把自己知道的事实抑制掉, 才能做出正确反应. 行为反应时的差异初步反映出错误信念推理过程中所包含的抑制加工, 错误信念推理可能包括了抑制加工成分. 这与Leslie的研究结论一致. Leslie等人 [22,23]通过比较儿童和成人被试完成错误信念和正确信念推理时的表现, 提出错误信念任务中抑制加工的存在. 错误信念和正确信念推理所诱发的LNC在信念问题呈现后 400~800 ms之间出现了差异, 这种分离反映了错误信念和正确信念推理中大脑加工过程的不同.

已有ERP研究都是以真实问题作为错误信念推理的对照条件 [18,19]. 对于真实问题的推理, 被试只需要根据看到的现实来回答即可, 其本质是询问被试自己对现实世界的表征. 对错误信念的推理要复杂一些, 被试不能再单纯的依赖自己所看到的情况进行判断, 而必须站在他人的立场上去思考他人所持有的信念. 这种嵌套思维实质上是对他人信念的推理. 错误信念推理时个体必须首先抑制自己对真实问题已知的优势反应, 然后才能基于他人的信念做出正确判断. 错误信念与真实问题差异很大, 两者所包含的认知成分存在很多不确定的相异因素. 正确信念与错误信念的推理过程相比不存在信息的冲突, 也就没有抑制加工的出现. 相对于错误信念而言, 正确信念推理要更快更容易, 行为数据的分析也证明了这一点.

本研究对LNC差异波进行源定位分析, 发现一个偶极子位于扣带回皮层中部. 对于信念推理的脑区定位, fMRI研究已积累一些证据. Gallagher等人 [14]用文本和卡通图这两种形式给被试呈现蕴涵错误信念的故事和非心理故事. fMRI扫描发现, 无论刺激材料的性质如何, 错误信念故事都在旁扣带回皮层引起激活. Vogeley等人 [24]设计了描述他人心理和自己心理的两种故事情境, 通过fMRI成像来考察这两种不同心理过程的大脑定位, 发现对他人心理的加工引起了前扣带回和左颞极皮层的激活增加. 人际互动中竞争与合作包含对他人心理和信念的加工, Decety等人 [25]记录被试完成在线计算机游戏时的脑数据, 发现完成竞争游戏时, 内侧前额叶和旁扣带回皮层的激活显著增强. McCabe等人 [26]采用fMRI检测了被试与人或计算机搭档进行“信赖互惠”(trust and reciprocity)游戏时的脑激活, 发现与人合作时前旁扣带回皮层显著激活. Gallagher等人 [27]采用PET对被试跟计算机完成“剪刀-石头-布”游戏时的脑成像数据进行记录, 与对照条件相比, 当被试认为对手是人类个体时, 双侧前旁扣带回皮层激活明显增强. 脑成像研究表明, 冲突的抑制加工是扣带回皮层参与 [28,29]. 本研究发现的LNC差异波可能反映了推测他人心理时, 为了解决自己与他人信念认知不一致而产生的冲突, 所进行的某种抑制加工. 已有“心理理论”的fMRI研究验证并补充了本研究中偶极子逆向溯源推导所得出的空间定位. 本研究发现错误信念减正确信念所得差异波的激活源位于扣带回皮层中部, 可能反映了错误信念推理中对自我与他人心理状态认知不一致时解决冲突或抑制加工.

发展心理学研究普遍认为, 4~5 岁是儿童获得“心理理论”的关键年龄, 4 岁儿童能够理解错误信念, 但 3 岁之前的儿童尚不能 [2]. 关于错误信念推理过程中可能需要抑制加工的推论可能会引发这样的问题: 如果错误信念推理过程中需要抑制加工, 那么儿童能够通过错误信念任务究竟反映的是抑制性控制能力的提高还是信念概念表征的出现? 进一步的研究可以分析儿童进行错误信念推理的脑活动, 为解决上述问题提供证据.

致谢 魏景汉老师对本文的修改给予指导帮助, 赵仑提出了宝贵建议, 谨此致谢.

参考文献

1 Premack D, Woodruff G. Does the chimpanzee have a 'theory of mind'? Behav Brain Sci, 1978, 4: 515—526

2 Wang Y W, Zhang W X. Development of theory-of-mind of 3-6 years old children. Psychol Dev Edu (in Chinese), 2002, 18(1): 11—16

3 Wang Y W, Lin C D. Experimental tasks of theory-of-mind and its research tendency. Psychol Exp (in Chinese), 2004, 23(3): 30—34

4 Wang Y W, Lin C D, Zhang W X. The task analysis of appearance-reality distinction, representational change and False belief. Psychol Sci (in Chinese), 2003, 26(3): 390—392

5 Zhang W X, Zhao J X, Wang Y W, et al. Development of attribution of second-order false-belief by 3-to-6-year-old children. Acta Psychol Sin (in Chinese), 2004, 36(3): 327—334

6 Wang Y W, Zhang W, Lu Z H, et al. The primary analysis of the neural substrates of the theory-of-mind. Acta Psychol Sin (in Chinese), 2005, 37: 955—959

7 Wang Y W, Lin C D, Lu Z H. Research progress in developmental cognitive neuroscience. Prog Nat Sci (in Chinese), 2006, 16(12): 1530—1535

8 Liu Y, Zhang W, Chen J, et al. The Neural mechanism of theory-of-mind: evidences from brain imaging. Psychol Sci (in Chinese), 2007, 30(3):763—765

9 Wang Y W, Chen G H, Liu Y, et al. Application of the neuroimaging in development of psychology. Prog Nat Sci (in Chinese), 2007, 17(5): 603—608

10 Frith C D, Frith U. Interacting minds—a biological basis. Science, 1999, 286(5445): 1692—1695 [DOI]

11 Gallagher H L, Frith C D. Functional imaging of 'theory of mind'. Trends Cogn Sci, 2003, 7(2): 77—83 [DOI]

12 Frith U, Frith C D. Development and neurophysiology of mentalizing. Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci, 2003, 358(1431): 459—473 [DOI]

13 Amodio D M, Frith C D. Meeting of minds: the medial frontal cortex and social cognition. Nat Rev Neurosci, 2006, 7(4): 268—277 [DOI]

14 Gallagher H L, Happe F, Brunswick N, et al. Reading the mind in cartoons and stories: an fMRI study of 'theory of the mind' in verbal and nonverbal tasks. Neuropsychologia, 2000, 38(1): 11—21 [DOI]

15 Saxe R, Kanwisher N. People thinking about thinking people: the role of the temporo-parietal junction in theory of mind. NeuroImage, 2003, 19 (4): 1835—1842 [DOI]

16 Saxe R, Wexler A. Making sense of another mind: the role of the right temporo-parietal junction. Neuropsychologia, 2005, 43(10): 1391—1399 [DOI]

17 Pelphrey K A, Morris J P, McCarthy G. Grasping the intentions of others: the perceived intentionality of an action influences activity in the superior temporal sulcus during social perception. J Cogn Neurosci, 2004, 16(10): 1706—1716 [DOI]

18 Sabbagh M A, Taylor M. Neural correlates of theory-of-mind reasoning: an event-related potential study. Psychol Sci, 2000, 11(1): 46—50 [DOI]

19 Liu D, Sabbagh M A, Gehring W J, et al. Decoupling beliefs from reality in the brain: an ERP study of theory of mind. Neuro Report, 2004, 15(6): 991—995 [DOI]

20 Sabbagh M A, Moulson M C, Harkness K L. Neural correlates of mental state decoding in human adults: an event-related potential study. J Cogn Neurosci, 2004, 16(3): 415—426 [DOI]

21 Fletcher P C, Happe F, Frith U, et al. Other minds in the brain: a functional imaging study of 'theory of mind' in story comprehension. Cognition, 1995, 57(2): 109—128 [DOI]

22 Leslie A M, Polizzi P. Inhibitory processing in the false belief task: two conjectures. Dev Sci, 1998, 1(2): 247—253 [DOI]

23 Leslie A M, Friedman O, German T P. Core mechanisms in 'theory of mind'. Trends Cogn Sci, 2004, 8(12): 528—533 [DOI]

24 Vogeley K, Bussfeld P, Newen A, et al. Mind reading: neural mechanisms of theory of mind and self-perspective. NeuroImage, 2001, 14(1): 170—181 [DOI]

25 Decety J, Jackson P L, Sommerville J A. The neural bases of cooperation and competition: an fMRI investigation. NeuroImage, 2004, 23(2): 744—751 [DOI]

26 McCabe K, Houser D, Ryan L, et al. A functional imaging study of cooperation in two-person reciprocal exchange. Proc Natl Acad Sci USA, 2001, 98(20): 11832—11835 [DOI]

27 Gallagher H L, Jack A I, Roepstorff A, et al. Imaging the intentional stance in a competitive game. Neuroimage, 2002, 16 (3): 814—821 [DOI]

28 Botvinick M M, Cohen J D, Carter C S. Conflict monitoring and anterior cingulate cortex: an update. Trends Cogn Sci, 2004, 8(12): 539—546 [DOI]

29 Weissman D H, Giesbrecht B, Song A W, et al. Conflict monitoring in the human anterior cingulate cortex during selective attention to global and local object features. NeuroImage, 2003, 19(4): 1361—1368 [DOI]