

解读成语中的他人心理与互动心理： 来自眼动和 ERP 的证据*

王益文¹ 郑玉玮¹ 沈德立¹ 崔磊^{1,2} 闫国利¹

(¹天津师范大学心理与行为研究院, 天津 300074) (²山东省济宁学院教育系, 曲阜 273100)

摘要 为了探查理解单个他人心理与解读互动心理的差异机制, 在实验一和实验二中分别采用眼动和事件相关电位技术来测评个体解读中文四字成语中的单个他人心理和互动心理的加工过程。眼动实验发现, 单人成语第二个字的总阅读时间显著长于物理成语; 随后, 互动成语前三字的凝视时间显著长于单人和物理成语。脑电实验发现, 在成语呈现后 500~700ms, 解读单人和互动成语诱发的额区晚期正成分(LPC)平均波幅显著大于解读物理成语; 之后在 700~800ms, 解读互动成语诱发的额中区 LPC 平均波幅显著大于解读单人和物理成语。眼动注视模式和脑电证据共同印证了理解单个他人的心理与理解多人的互动心理存在时间和强度上的差异。相对于物理表征和单人心理的加工, 理解更为复杂的互动心理需要更长的加工时间和更强的神经活动。

关键词 心理理论; 理解他人心理; 眼动; 事件相关电位; 中文成语

分类号 B844

1 引言

心理理论是指通过对他人的信念、意图、思维、愿望等心理状态的推理来理解和预测他人的行为 (Premack & Woodruff, 1978)。目前心理理论的研究多是对单个个体心理的理解, 然而在日常生活中, 个体经常通过游戏、合作、竞争等多种方式与他人进行互动。互动心理比单个他人心理复杂得多, 理解互动心理与理解单个他人心理是两种不同层次水平的心理理论加工。多方法多技术的研究有助于推进心理理论的研究。近年来, 研究者开始利用眼动 (eye movement) 和事件相关电位 (event-related potential, ERP) 来共同研究特定的认知加工过程。Sereno 和 Rayner (2003) 认为眼动和 ERP 技术的相互补充使某一特定认知加工过程能够得到精确测量: 眼动作为认知测量的一个行为指标, 能够准确反映从一个时间段到下一时间段的认知加工; 而

ERP 作为认知测量的生理指标, 则能探测刺激呈现后神经系统的早期活动。很多研究采用视觉情境范式 (visual-world paradigm) 来考察个体的心理理论能力 (Keysar, Lin, & Barr, 2003; Nadig & Sedivy, 2002), 在该范式中, 当被试根据要求操作现实世界中的物体时, 他们的眼动轨迹被记录下来以考察被试的心理活动。Keysar 等 (2003) 应用视觉情景范式的研究结果支持了心理理论加工是以自我为中心的观点。目前, 利用眼动技术考察个体心理理论能力的研究更多地集中在个体情绪识别的能力方面 (Klin, Jones, Schultz, Volkmar, & Cohen, 2002; Pelphrey et al., 2002; Rutherford & McIntosh, 2007)。这些研究发现在识别图片中个体情绪时, 正常个体多注视图片中个体的眼睛区域, 而自闭症患者多注视嘴部。

许多 ERP 研究考察了理解单个他人心理的动态加工过程 (Liu, Meltzoff, & Wellman, 2009a; Liu,

收稿日期: 2010-12-23

* 国家社科基金十一五规划教育学科国家重点课题 (ABA060004)、国家自然科学基金 (30870780)、教育部人文社会科学重点研究基地重大项目和新世纪优秀人才支持计划资助。

通讯作者: 沈德立, 022-23540063. 王益文, E-mail: wangeven@126.com

Sabbagh, William, & Wellman, 2009b; Sabbagh & Taylor, 2000; Wang et al, 2008, 2010)。Wang 等(2008)采用“欺骗外表”任务, 考察错误信念与正确信念推理的神经机制, 结果发现错误信念的晚期负成分显著低于正确信念。Wang 等(2008)采用的实验任务是一级错误信念任务, 而 Liu 等(2009a)采用“多重信念”和“多重愿望”的实验任务发现, 一个中前部的晚期慢波成分与愿望和信念的判断都有关; 一个右后部的晚期慢波成分只与信念的判断有关。研究者使用“心理理论漫画”、“人物漫画”和“场景漫画”来考察心理理论与人物知觉的加工时程(Wang et al, 2010), 发现人物诱发的晚期正成分(late positive component, LPC)的平均波幅显著大于场景表征, 而心理理论诱发的 LPC 平均波幅显著大于人物知觉。对单个他人心理的加工主要发生在晚期阶段, 解读单个他人心理主要与一个晚期的 ERP 成分有关。

以往对心理理论的研究多是理解单个他人心理, 但在概念和实验两个层面, 对人类心理的理解已经逐步从理解单人心理向理解多人心理转变(Hari & Kujala, 2009)。心理理论可能存在一个分层结构模型, 理解单个他人心理与理解互动心理是心理理论的两个不同水平的加工, 并且理解互动心理比理解单个他人心理的水平要高, 理解互动心理相对也更复杂。所以在心理理论的分层结构模型中, 理解互动心理的层次要比理解单个他人心理高。Foulsham, Cheng, Tracy, Henrich 和 Kingstone (2010)研究发现, 个体在观看群体决策的视频时, 会更多注视视频中参与者的眼睛和面孔区域, 并且对地位高的个体的注视时间要长于地位低的个体。Iacoboni 等(2004)研究发现被试在观看社会互动中的个体时, 背内侧前额叶皮层和内侧顶区被显著激活。Redcay 等(2010)发现, 相比实际参与社会互动条件, 个体观看社会互动的视频条件显著激活了中央前回和辅助运动区。社会认知的一个重要观点认为自我投射能力是心理理论能力的基础。知觉者在解读单个他人心理时, 首先可能要建构目标个体的心理表征, 对自己在此情景下的思维和感觉进行预测, 然后推测目标个体在此相同的情景下会怎么想或有什么感觉(Mitchell, 2009)。有学者认为个体在认知和执行互动行为时使用的是“共享行动表征”(shared action representations)理论(Knoblich & Sebanz, 2008; Sebanz, Bekkering, & Knoblich, 2006)。该理论认为我们在理解互动心理时, 需要表征所有对行为有贡献的个体, 需要理解互动中个体

的心理。在解读互动心理的过程中个体需要理解互动中“个体与个体”、“行为与行为”以及“个体与环境”的关系。这说明我们只有正确理解互动中个体心理及其个体间关系后才能正确解读互动心理。这表明解读互动心理要比解读单个他人心理复杂的多。本研究尝试区分出解读互动心理与解读他人心理动态加工过程的差异。他人心理指单个个体的信念、愿望、意图、情绪等心理状态。互动心理指处于社会互动情境中多个个体的信念、愿望、意图、情绪等心理状态。本研究中, 解读他人心理指理解成语中单个个体心理状态, 解读互动心理指理解互动成语中的多个个体的心理状态。

随着 ERP 技术的不断发展, 很多研究采用 ERP 技术来探讨语言理解中的认知加工过程, 并取得了很多成果(刘燕妮, 舒华, 2003; 王穗苹, 黄时华, 杨绵绵, 2004)。以往很多心理理论研究采用言语形式的实验材料(Liu et al., 2009a; Saxe & Powell, 2006; Abraham, Werning, Rakoczy, von Cramon, & Schubotz, 2008), 本研究的实验材料采用的是具有中国特色的中文四字成语, 有些成语蕴含了一个人的心理活动, 如“孤苦伶仃”。有些成语则蕴含了社会互动中的互动心理, 如“夫唱妇随”。所以, 通过被试理解不同类型的成语可以考察他们解读单个他人心理和解读互动心理的加工过程。

本研究采用“物理成语”、“单人成语”和“互动成语”等三类成语, 利用眼动和 ERP 技术来研究解读单个他人心理和解读互动心理的加工时程。根据已有的眼动研究(Sereno & Rayner, 2003; Foulsham et al., 2010)和 ERP 研究(Liu et al., 2009a; Wang et al., 2010), 预期个体对三类成语的加工方式在眼动注视模式上会呈现出物理成语和单人成语之间的差异, 以及单人成语和互动成语之间的差异。相对于物理成语, 单人成语的社会含义加工更加复杂, 而互动成语的加工比单人成语的加工复杂, 对互动成语的阅读时间将长于单人成语。本研究假设在 ERP 时程上, 先是人物成语诱发的 ERP 波幅大于物理成语的波幅, 然后才是互动成语诱发的 ERP 波幅大于单人成语。

2 实验一: 眼动模式的差异

2.1 方法

2.1.1 被试 天津师范大学学生 22 名(11 男 11 女, 年龄 18~25 岁间, 平均年龄 21 岁), 所有被试裸视或矫正视力正常, 母语均为汉语, 无阅读障碍。

2.1.2 实验材料 本研究的刺激材料为三种不同类型的成语：第一类是物理成语，描述没有人物自然场景或环境，如崇山峻岭；第二类是单人成语，描述的是单人活动，如孤苦伶仃，其主题是关于单个个体的情绪或行为；第三类是互动成语，描述两个及更多人的互动，如夫唱妇随，其主题是关于竞争、合作、帮助、爱恋等。首先，在《中国成语大词典》上查找各类成语，然后将所有成语随机排列，让 14 名大学生对成语的应属类别进行评定，最后根据评定结果选出成语 210 个，每类成语 70 个，并将其做成图片作为正式实验材料。图片大小为 4.5 cm×1.2 cm，像素为 960×720，成语的字体是宋体、26 号字。图片是黑底白字，成语呈现在图片中央。被试与屏幕中成语的水平视角是 2.6°。三类成语的笔画数、词频和感情色彩(词的褒贬意义，贬义词记为 1，中性词记为 2，褒义词记为 3)都得到匹配(见表 1)：笔画数： $F(2, 209) = 0.19, p > 0.05$ ；词频： $F(2, 197) = 1.93, p > 0.05$ ，感情色彩： $F(2, 209) = 2.23, p > 0.05$ 。其中成语的词频是根据人民日报词频表(1998)查得，其数字代表该成语在每百万字中使用的频率。另外，本研究还选取了两类探测词：描述景物和描述人物心理，每类 17 个，共 34 个，如描述景物的探测词有恶劣、狭小、繁华、辽阔、雄伟等，描述人物心理的探测词有快乐、爱恋、放松、友好、悲伤等。

表 1 三类成语的匹配信息

成语类型	笔画 ($M \pm SD$)	词频 ($M \pm SD$)	感情色彩 ($M \pm SD$)
物理成语	30.39(6.58)	0.65(0.98)	2.27(0.72)
单人成语	30.10(7.81)	1.12(1.44)	2.03(0.82)
互动成语	29.67(6.29)	1.29(3.00)	2.04(0.75)

2.1.3 实验程序 被试进入眼动实验室，个别进行实验。完成一个系列实验约需要 35 分钟。眼动仪是 SR Research 公司开发的 EyeLink2000，采样率为 1000 次/秒，眼动仪的空间分辨率 $< 0.025^\circ$ RMS。被试眼睛的注视和运动情况通过头盔上两个微型红外摄像机输入计算机，实验只记录被试右眼的的数据。保持显示器屏幕与被试眼睛的距离大约是 71 cm，屏幕刷新率为 150 Hz。

每段实验开始前都需要进行校准以保证记录被试的眼动轨迹的精确性。每次校准都包括刻度标示(calibration)、刻度确认(validation)和漂移校准(drift correct)。在刻度标示过程中，四个校准点(白

色的小圆点)会依次随机地出现在屏幕的中间水平位置上。当校准点随机出现的时候，要求被试注视该点，直至该点消失。刻度标示之后进行刻度确认，仍然出现四个校准点，程序和刻度标示一样。如果刻度确认成功，接着进行一次漂移校准，一个校准点会随机地出现在屏幕的中间水平位置上，要求被试注视它。校准成功后方可进入正式实验。

所有材料以黑底白字方式在计算机屏幕中央呈现。首先，屏幕中央呈现一个成语，被试的任务是认真阅读每一屏呈现的成语，直至理解该成语中包含的景物形态或人物心态后按手柄上的“5”键，该成语消失；如超过 1500 ms 被试仍未按键，则该成语自动消失。成语消失后，屏幕中央位置会呈现一个词语，被试的任务是判断该词语是否与成语中描述的景物形态或人物心态相一致，如果一致则按“6”键，不一致则按“7”键，按键结束后词语消失；如超过 2000 ms 被试仍未按键，则该词语自动消失。不一致探测设置为探测词与成语中描述的景物形态或人物心态相反，确保了被试根据要求按不一致键的情况下也理解了成语的含义。词语消失后会继续呈现下一个成语，实验按照此循环继续进行，中间无间隔。计算机在每次呈现成语之前，都会再进行一次漂移校准以保证记录精确性，该漂移校准的校准点位于成语第一个字呈现的位置，因此可控制被试对成语进行第一次注视的位置尽量相同。实验之前有 15 个练习组，使被试熟悉实验程序，练习的实验材料与正式实验材料不同。正式实验共有 210 个序列，三种成语各有 70 个序列，所有序列进行整体随机排列。统计结果的 p 值采用 Greenhouse-Geisser 法校正，事后配对比较采用 Bonferroni 法校正。

2.2 结果与讨论

有 1 名在实验过程中出现眼睛流泪、频繁眼跳的被试数据未参与最后的统计，因此共获得有效被试 21 名(11 男 10 女)。该实验中，被试的反应时采用的是从成语呈现到被试按键反应之间的时间(见表 2)，结果显示三种成语类型的反应时差异不显著， $F(2, 40) = 2.007, p = 0.15$ 。在眼动分析的时候，首先对整个成语的眼动指标进行了分析。

根据已有研究(王穗苹，佟秀红，杨锦绵，冷英，2009；张仙峰，叶文玲，2006)，本研究重点报告的眼动指标：凝视时间(gaze duration，眼睛在进入下一个区域之前在当前区域上的总停留时间)、总阅读时间(total reading time，读者对该区域所有注视

时间的总和)、注视点个数(the number of fixations, 眼睛落在该区域的注视点的数目之和)、平均注视时间(average fixation duration, 眼睛落在该区域的平均每次注视的时间)。在本研究中, 我们在以整个成语作为数据分析的基本区域时, 划分的兴趣区是整个成语, 所以对成语的凝视时间等于总阅读时间, 因此在表 2 中我们只报告了总阅读时间的结果。

以整个成语作为数据分析的基本区域, 结果发现, 仅在平均注视时间这一眼动指标上方差分析显著, $F(2,40) = 4.34$, $p = 0.023$ 。事后配对比较发现, 单人成语和物理成语之间差异显著($p = 0.009$), 互

动成语和物理成语之间差异不显著($p = 0.373$), 互动成语和单人成语之间差异不显著($p = 0.721$)。

被试在单个汉字上的各种眼动指标见表 3。

表 2 被试在成语上的眼动指标均值和标准差

眼动指标	单人成语	互动成语	物理成语
总阅读时间	950(241)	960(237)	942(243)
注视点个数	3.73(.68)	3.81(.72)	3.78(.68)
平均注视时间	273(62)	270(56)	266(59)
反应时	1107(278)	1110(275)	1093(281)

注: *阅读时间, 单位是 ms。

表 3 被试在成语单个汉字上的眼动指标均值和标准差

	凝视时间			总阅读时间			注视点个数		
	单人成语	互动成语	物理成语	单人成语	互动成语	物理成语	单人成语	互动成语	物理成语
第一字	286(110)	283(114)	283(112)	365(149)	360(150)	361(158)	1.34(.46)	1.35(.45)	1.34(.48)
第二字	373(104)	369(97)	361(93)	438(122)	426(111)	413(110)	1.28(.33)	1.32(.36)	1.32(.33)
第三字	288(66)	294(70)	292(67)	319(79)	337(89)	325(80)	.80(.35)	.86(.36)	.83(.36)
第四字	228(79)	231(86)	242(87)	235(83)	236(87)	249(88)	.25(.28)	.24(.27)	.23(.24)

注: *阅读时间, 单位是 ms。

数据统计显示, 实验效应集中表现在成语的第二个汉字上, 因此重点报告在第二个汉字上的眼动数据模式。第二个汉字的总阅读时间方差分析显著, $F(2,40) = 7.63$, $p = 0.002$ 。事后配对比较发现, 单人成语和物理成语之间差异显著($p = 0.004$); 互动成语和物理成语之间差异达到边缘显著($p = 0.07$), 互动成语和单人成语之间差异不显著($p = 0.327$)。

此外, 本研究还将成语的前三个字合并为一个区域进行研究, 这样做的原因首先是选取的作为实验材料的成语都是常用的较熟悉的成语, 所以初步假设被试应该不需要读完整个成语就能基本理解成语的意思。另外, 由于中文阅读中单个汉字的跳读率太高, 所以根据已有的相关研究(Chen, Song, Lau, Wong, & Tang, 2003), 本研究扩大数据分析的区域来考察被试是否能够区分心理状态加工与非心理状态加工以及区分互动心理加工与单个他人心理加工。结果显示, 被试在成语前三字区域上的眼动指标存在显著差异(见表 4)。

表 4 成语前三个汉字区域上的眼动指标均值和标准差

眼动指标	单人成语	互动成语	物理成语
凝视时间(ms)	857(230)	882(228)	864(232)
总阅读时间(ms)	900(233)	912(231)	893(234)
注视点个数	3.46(.65)	3.56(.67)	3.53(.65)

数据统计显示: 凝视时间方差分析显著, $F(2, 40) = 5.34$, $p = 0.016$ 。事后配对比较发现, 互动成语和单人成语之间差异显著($p = 0.003$); 互动成语和物理成语之间差异达到边缘显著($p = 0.05$), 单人成语和物理成语之间差异不显著($p = 1$)。总阅读时间方差分析显著, $F(2,40) = 3.61$, $p = 0.042$ 。事后配对比较发现, 互动成语和物理成语之间差异显著($p = 0.017$), 互动成语和单人成语之间差异不显著($p = 0.308$), 单人成语和物理成语之间差异不显著($p = 1$)。注视点个数方差分析显著, $F(2,40) = 4.93$, $p = 0.017$ 。事后配对比较发现, 单人成语和互动成语之间差异显著($p = 0.003$), 单人成语和物理成语差异不显著($p = 0.228$), 互动成语和物理成语差异不显著($p = 1$)。

眼动的数据结果表明, 三种成语材料在眼动模式上存在显著差异。单人成语和互动成语第二字的总阅读时间长于物理成语, 这表明, 在对成语第二字的总加工过程中, 个体区分了心理状态加工与非心理状态加工。还发现, 互动成语前三字区域的凝视时间显著长于单人成语和物理成语, 这表明, 个体在对成语前三字区域的加工中区分了解读互动心理与解读单个他人心理。但是, 眼动的数据指标并没有呈现出结果的一致性, 如成语第二字的总阅读时间存在差异, 但是在凝视时间和注视次数等指

标上并没有存在显著差异,这可能是由于眼动行为指标的限制造成的,所以实验二采用能够反映即时加工的生理指标来探讨这三类成语的加工,以期发现解读三类成语的加工时程的不同。

3 实验二:脑电活动的差异

3.1 方法

3.1.1 被试 被试为 20 名右利手的本科生或者研究生(10 男 10 女,年龄 19~26 岁间,平均年龄 22 岁)。4 个被试(3 男 1 女)由于其脑电数据信噪比较低无法达到有效叠加段数而没有纳入最后的统计样本中。所有被试视力或者矫正视力正常,没有精神病史。实验后给予一定的报酬。所有的被试在实验前均签署了知情同意书。

3.1.2 实验材料 同实验一。

3.1.3 实验程序 眼动程序中正式实验前,为了记录的精确性而进行的仪器校准步骤在脑电实验中删除,脑电实验刺激序列的呈现方式和呈现时间与实验一相同,具体呈现顺序为:首先是一个“+”字呈现 500 ms,然后是一个 400~600 ms 的随机黑屏,接着呈现成语 1500 ms,最后探测词呈现 2000 ms,trial 间设置 400~600 ms 的随机间隔。实验任务和实验序列设置同实验一,但在脑电实验中,成语呈现时被试只需要按指导语要求认真理解成语中景物的形态或人物的心态,不需要按键作反应。所有序列整体随机后,平均分为 2 个区组(每个区组大约 6 分钟)执行。被试通过按键进行反应,按键通过数字小键盘实现。两个区组的实验顺序以及反应键的顺序进行了被试间平衡。正式实验开始前,被试先进行与正式实验程序相同的 15 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。

3.1.4 脑电记录 采用 NeuroScan ERP 系统,按国际 10~20 系统扩展的 64 导电极帽记录 EEG。在记录中所有电极参考置于左乳突的一只参考电极,离线分析时再次以置于右乳突的有效电极进行再参考,即从各导联信号中减去 1/2 该参考电极所记录的信号,转化为以双侧乳突的平均值为参考。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 $<5\text{ k}\Omega$ 。

3.1.5 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。本研究对成语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 $\pm 75\text{ }\mu\text{V}$ 者视为伪迹自动剔除。分析时程(epoch)为成语刺激呈现后 1000 ms,以成语刺激呈现前 200 ms 为基线进行基线校正。据已有研究(Liu et al., 2009a; Wang et al., 2010)和本研究的目的,选取代表额中至顶区的 F3/F4, C3/C4 和 P1/P2,以及 FZ, CZ 和 PZ 共 9 个电极。本研究分别测量了 P200 (150~300 ms 间的峰值), N400 (300~500ms 间的峰值),以及 LPC 500~1000 ms (期间每隔 100 ms 测一次平均波幅)。进行任务(物理成语,单人成语 vs 互动成语) $\times$ 电极前后分布(额区,中央区 vs 顶区) $\times$ 电极左右分布(左侧,中线 vs 右侧)的三因素重复测量方差分析, p 值采用 Greenhouse-Geisser 法校正,事后配对比较采用 Bonferroni 法校正。

3.2 结果与讨论

3.2.1 行为结果 被试在物理成语、单人成语和互动成语条件中的反应正确率分别为 92%, 91%和 91%,反应正确率之间没有显著差异, $F(2,45) = 0.43, p = 0.65$ 。这表明三种条件的难度相等。被试在三种条件中的反应时分别为 $850.61 \pm 187.61\text{ ms}$, $885.87 \pm 212.33\text{ ms}$, $846.76 \pm 197.90\text{ ms}$, 反应时之间差异也不显著, $F(2,45) = 0.19, p = 0.83$ 。

3.2.2 ERP 结果 本研究将物理成语条件作为对照条件。所以,在单人成语与物理成语条件间发现的波幅差异与解读单个他人心理的判断有关,在互动成语和物理成语条件间发现的波幅差异与解读互动心理的判断有关,而单人成语与互动成语条件间的波幅差异则解释为判断单个他人心理与互动心理的分离。图 1 揭示了在三种条件下, F3, FZ, F4, C3, CZ, C4, P1, PZ 和 P2 等九个电极点的平均波幅。去除伪迹后,物理成语、单人成语和互动成语三种条件下 ERP 总平均的有效叠加试次数分别为 54, 54, 53。

通过对图 1 的 ERP 波形定性观察,能够明显发现在单人成语与物理成语条件间,有一个 LPC 存在差异,单人成语条件诱发的波幅大于物理成语条件,而互动成语和物理成语条件间同样存在一个 LPC 的差异,互动成语条件诱发的波幅大于物理成语条件。这些差异大约发生在刺激后 500~700 ms。通过对图 1 的观察,还能发现三种条件在刺激后 700~900 ms 间波形存在差异,互动成语条件诱发的波幅大于另外两种条件。为了确定以上的观察,

本研究重点统计分析每种条件下九个电极点在刺激后 500~600 ms, 600~700 ms, 700~800 ms 和 800~900 ms 间的平均波幅。统计结果表明, 三种任

务条件的 P200 ($F(2,30) = 1.95$, $MSE = 10.55$, $p = 0.16$) 和 N400 ($F(2,30) = 1.23$, $MSE = 7.15$, $p = 0.31$) 的波幅差异均不显著。

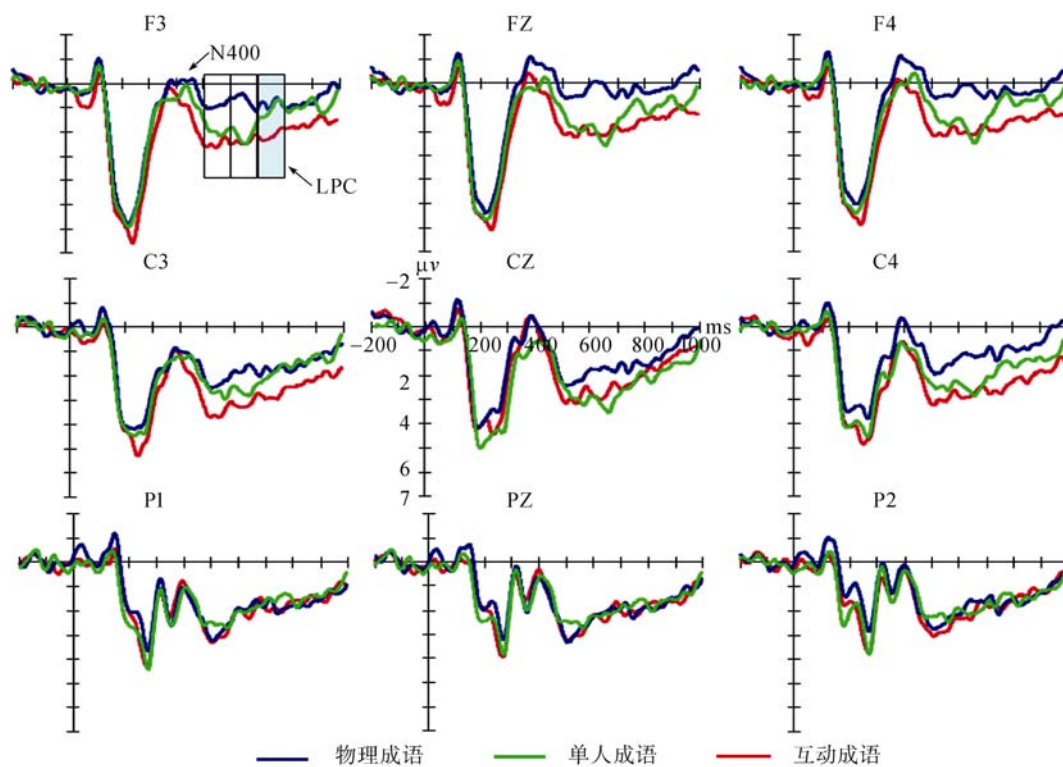


图 1 物理成语、单人成语与互动成语的 ERP 总平均波形

晚期正成分 LPC

对九个电极点在 500~600 ms 间的平均波幅, 进行 3(任务条件)×3(电极左右分布)×3(电极前后分布)的重复测量方差分析。结果只发现任务条件和电极前后分布的交互作用达到显著, $F(4,60) = 7.861$, $p = 0.001$, $MSE = 1.722$ (见图 2)。简单效应分析发现, 在前部也就是额区, 三种任务条件的波幅存在显著差异, $F(2,30) = 8.90$, $p = 0.001$, 配对比较结果显示, 单人成语与物理成语的波幅差异显著($p = 0.04$), 互动成语与物理成语的波幅差异显著($p = 0.002$), 单人成语与互动成语的波幅差异不显著($p = 0.736$)。同时还发现, 在中央区三种任务条件的波幅也存在显著差异, $F(2,30) = 4.13$, $p = 0.026$, 配对比较结果显示, 互动成语与物理成语的波幅差异显著($p = 0.042$), 单人成语与物理成语的波幅差异不显著($p = 0.302$), 单人成语与互动成语的波幅差异不显著($p = 0.691$)。这与前面根据图 1 所观察到的结果相一致, 单人成语条件与物理成语条件有一个 LPC 存在差异, 单人成语条件诱发的 LPC 波幅大于物理成语条件; 同时, 互动成语条件与物理成语条

件也有一个 LPC 存在差异, 互动成语条件诱发的 LPC 波幅大于物理成语条件。这一结果表明, 在 500~600 ms 间, 在额区有一个 ERP 成分与解读单个他人心理和互动心理都有关。这个结果在描述解读物理成语、单人成语和互动成语条件的脑地形图 (图 3) 中进一步得到证明, 红色表明脑电在这一区域的活动更正。

对九个电极点在 600~700 ms 间的平均波幅, 进行 3(任务条件)×3(电极左右分布)×3(电极前后分布)的重复测量方差分析。结果发现, 任务条件的主效应显著, $F(2,30) = 5.04$, $p = 0.013$, $MSE = 11.60$, 同时发现任务条件和电极前后分布的交互作用显著, $F(4,60) = 6.55$, $p = 0.003$, $MSE = 2.85$ (见图 2)。简单效应分析发现, 在前部也就是额区, 三种任务条件的波幅存在显著差异, $F(2,30) = 11.53$, $p < 0.001$, 配对比较结果显示, 单人成语与物理成语的波幅差异显著($p = 0.014$), 互动成语与物理成语的波幅差异显著($p < 0.001$), 单人成语与互动成语的波幅差异不显著($p = 1.000$)。同时还发现, 在中央区三种任务条件的波幅也存在显著差异, $F(2,30) =$

6.09, $p = 0.006$, 配对比较结果显示, 单人成语与物理成语的波幅差异显著($p = 0.044$), 互动成语与物理成语的波幅差异显著($p = 0.03$), 单人成语与互动成语的波幅差异不显著($p = 1.000$)。这与前面根据图 1 所观察到的结果相一致, 单人成语条件与互动成语条件诱发的 LPC 波幅大于物理成语条件。在

600~700 ms 内没有其他与任务条件有关的显著的交互作用, 这一结果表明, 在 600~700 ms 间, 在额中区有一个 ERP 成分与解读单个他人心理和解读互动心理都有关。这在描述解读物理成语、单人成语和互动成语条件的脑地形图(图 3)中进一步得到证明, 红色表明脑电在这一区域的活动更正。

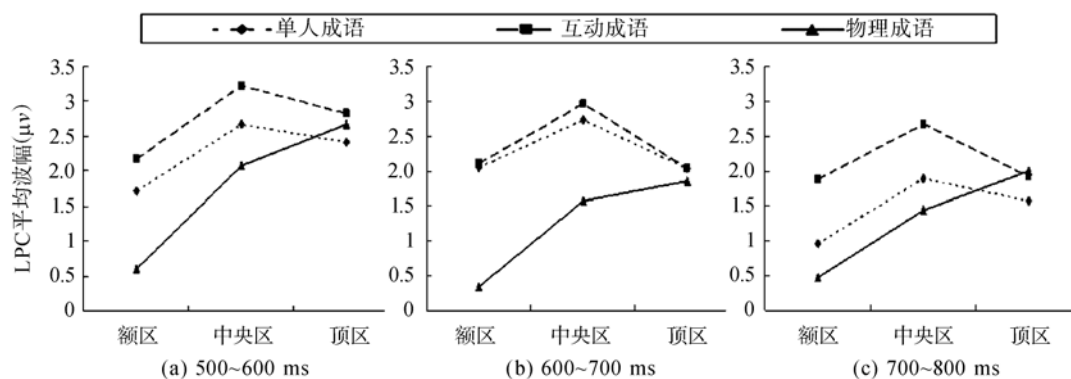


图 2 (a)是 500~600 ms 间, 任务条件与电极前后分布的交互作用图; (b)是 600~700 ms 间, 任务条件与电极前后分布的交互作用图; (c)是 700~800 ms 间, 任务条件与电极前后分布的交互作用图

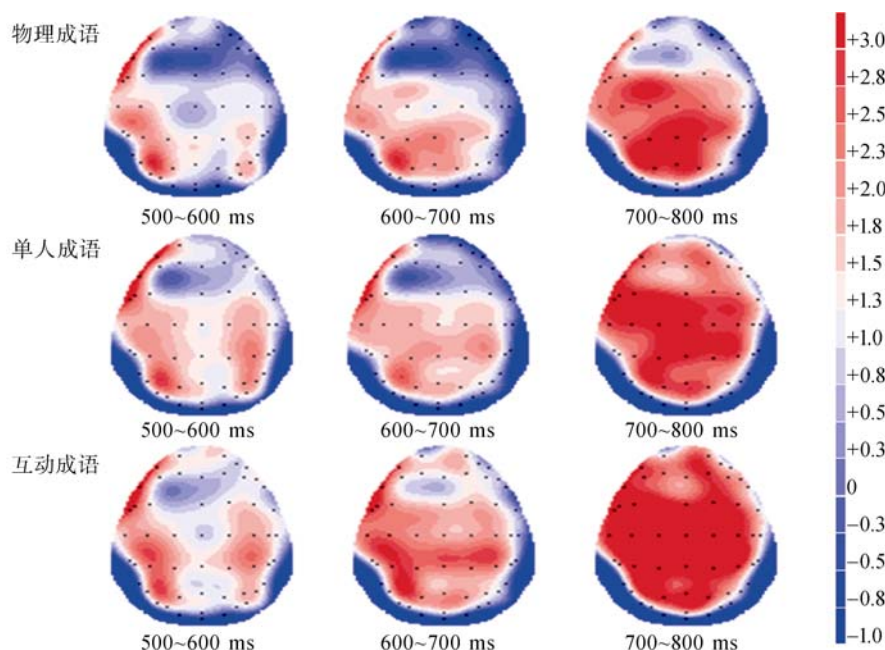


图 3 物理成语、单人成语及互动成语诱发 LPC 的脑地形图

对九个电极点在 700~800 ms 间的平均波幅, 进行 3(任务条件) $\times$ 3(电极左右分布) $\times$ 3(电极前后分布)的重复测量方差分析。结果只发现任务条件和电极前后分布的交互作用达到显著, $F(4,60) = 3.85$, $p = 0.024$, $MSE = 3.50$ (见图 2)。简单效应分析发现, 在前部也就是额区, 三种任务条件的波幅存在显著差异, $F(2,30) = 5.54$, $p = 0.009$, 配对比较结果显示,

互动成语与单人成语的波幅差异显著($p = 0.019$), 互动成语与物理成语的波幅差异显著($p = 0.017$), 单人成语与物理成语的波幅差异不显著($p = 1.000$)。同时还发现, 在中央区三种任务条件的波幅也存在显著差异, $F(2,30) = 5.02$, $p = 0.013$, 配对比较结果显示, 互动成语与物理成语的波幅差异显著($p = 0.027$), 互动成语与单人成语的波幅差异达

到边缘显著($p = 0.085$), 单人成语与物理成语的波幅差异不显著($p = 0.95$)。这与前面根据图 1 所观察到的结果相一致, 互动成语条件诱发的一个 LPC 波幅大于物理成语条件, 同时互动成语条件诱发的该 LPC 波幅大于单人成语条件。这个结果表明在 700~800 ms 间, 在额中区, 有一个 ERP 的晚期正成分只与解读互动心理有关, 与解读单个他人心理无关。该结果在描述解读物理成语、单人成语和互动成语条件的脑地形图(图 3)中进一步得到证实, 红色表明脑电在这一区域的活动更正。其他电极点的其它时间段都没有发现显著的任务主效应和任何交互作用, 所以任务条件的差异只出现在成语呈现后 500 至 800 ms 间。

4 综合讨论

眼动和 ERP 技术的结合可以优势互补, 弥补单一研究方法的局限。眼动研究中, 注视和直接加工是非理想耦合, 需要利用 ERP 技术测查刺激呈现后的早期激活过程和不同认知加工水平的电生理反应, 从而为眼动研究提供独立和互补的证据。而 ERP 研究则需要眼动技术来增加电生理指标的信度和解释力(陈庆荣等, 2011)。本研究, 一方面借助于眼动数据揭示解读单个他人心理与解读互动心理的加工过程; 另一方面, 将不同条件和时间段的脑电成分与相应的认知加工联系起来, 使得解读单个他人心理与解读互动心理通过脑电成分显示出来。这样就可以将眼动和脑电数据进行相互补充、相互印证。本研究的实验一采用眼动技术发现, 在对成语第二字的总加工过程中, 个体区分了心理状态与非心理状态加工。在对成语前三字的加工过程中, 个体能够将解读互动心理与解读单个他人心理区分开。实验二采用 ERP 技术发现, 在成语呈现后 500~700 ms, 有一个额区 LPC 与解读单个他人心理和解读互动心理都有关。在 700~800 ms, 有一个额中区的 LPC 只与解读互动心理有关。眼动注视模式和脑电证据共同印证了理解单个他人心理与理解互动心理存在时间和强度上的差异。

4.1 理解他人心理与物理表征的区分

最近研究表明对愿望、信念等心理状态的加工与非心理状态的加工会出现分离。研究发现, 自闭症患者儿童不能成功通过错误信念任务, 但他们能成功通过与错误信念任务类似的错误图片任务(Leekam & Perner, 1991; Leslie & Thaiss, 1992)。王益文和张文新(2002)发现 3 岁以前儿童已理解外表

与真实的区别, 但还不能理解错误信念。Abraham 等(2008)发现个体理解信念的反应时要长于理解物体空间关系。本研究也发现, 在成语第二字总阅读时间方面, 单人成语和互动成语都长于物理成语, 这与前面的研究相一致。同时, 本研究还发现, 在成语呈现后 500~700 ms, 有一个额区 LPC 与解读单个他人心理和解读互动心理都有关, 与物理表征加工无关。这表明, 此时个体能够将心理状态加工与非心理状态加工区分开。

Sabbagh 和 Taylor (2000)发现相比非心理状态加工, 对心理状态的加工在左额区诱发了更正的波, 但在左顶区消失。本研究也发现了类似的结果, 在 500~700 ms, 相比物理表征加工, 不论是解读单个他人心理还是解读互动心理, 都在额区诱发了更大的波幅, 此差异也在顶区消失。研究发现, 信念推理在额区诱发了晚期成分(Wang et al, 2008; Liu et al., 2009a)。本研究发现, 相比物理表征加工任务, 解读单个他人心理与解读互动心理都在额区诱发了一个 LPC, 这与前面的研究相似。过去十年中, 认知神经科学一致认为心理理论的神经基础主要包括: 内侧前额叶皮层, 颞顶联合处, 颞极和杏仁核(Amodio & Frith, 2006; Blakemore, Winston, & Frith, 2004; Coricelli & Nagel, 2009; Saxe & Powell, 2006; Sommer et al., 2007)。以上研究结果表明内侧前额叶皮层是心理理论推理的重要加工脑区。

Wang 等(2010)发现心理理论任务和场景任务加工时程的差异出现在 300ms 到 1500ms。另外一项研究发现真实任务和信念任务加工时程的差异出现在 775~850 ms (Liu et al., 2009b)。但是本研究发现心理理论加工与物理表征加工的差异出现在 500~700 ms。这种差异可能是因为实验材料的不同。研究者编制了为数众多的心理理论实验任务, 任务的形式多样、难度不同、适用对象不一(王益文, 林崇德, 2004)。Wang 等(2010)采用的是单幅漫画的形式, 相比本研究的成语材料要更加直观, 也更容易理解; Liu 等(2009b)采用的是多幅漫画的形式, 要正确完成任务, 需要对多幅漫画的意义进行理解, 该任务要难于本研究的任务, 这可能是导致本研究结果与以往心理理论 ERP 研究出现差异的原因。

Leslie (1999)提出心理理论加工主要取决于两种表征: 对他人本身的表征和对他人心理状态的表征。前者是心理理论的先决条件, 后者是心理理论的中心职责。解读他人心理与解读互动心理作为心

理理论两种不同层次水平的加工首先都需要对人物本身进行表征,这一阶段的加工不包含对人物心理状态的表征。在本研究中,N400反应的可能是个体对成语中自然物和人物的表征,同样都不包含人物心理,都属于知觉水平,所以三种条件的N400波幅没有出现显著差异。而在刺激呈现后500 ms时,解读他人心理与解读互动心理都涉及到人物心理状态的加工,而物理表征加工不包含人物心理加工,所以解读物理成语的加工与解读他人心理和解读互动心理从500 ms左右开始出现了显著差异。

4.2 理解他人心理与理解互动心理

实验一发现在对成语前三字区域的加工过程中,个体能够将解读互动心理与解读单个他人心理区分开。Raposo, Vicens, Clithero, Dobbins 和 Huettel (2010)发现,社会关系推理的反应时要长于对他人心理推理的反应时。本研究同样发现解读互动心理的难度要高于解读单个他人心理,这与前人的研究结果一致。目前,对社会互动神经基础的研究还处在初期阶段。以往的神经影像学研究发现内侧前额叶皮层在推测互动游戏中真人玩伴的意图时被显著激活(Gallagher, Jack, Roepstorff, & Frith, 2002)。另有研究发现,被试在观看社会互动个体或实际参与社会互动时,内侧前额叶皮层都被显著激活(Iacoboni et al, 2004; Johnson, 2010)。本研究也发现额区的LPC与解读互动心理有关。同时,通过图1还发现解读互动心理与解读单个他人心理在外侧额区的差异要大于在中央额区的差异。先前一项研究表明外侧额叶在将自己信念与他人信念进行比较的社会关系推理中发挥着重要作用(Raposo et al., 2010)。这些结果表明外侧额区可能在社会互动加工中发挥着重要作用。

目前仍不清楚社会互动的动态加工过程。大多数社会互动的神经成像研究多采用最后通牒、PDG、或金钱得失游戏(Maarten, Boksem, & De Cremer, 2010; Van't Wout & Sanfey, 2011)。在这些互动任务中,参与者被要求实际参与到游戏中,结果主要发现反馈负波与游戏中的金钱反馈有关。而本研究要求被试理解成语中的互动心理,不要求被试实际参与互动,该实验任务与前面的研究不同,这可能是导致本研究结果与前面研究不一致的原因。本研究发现在700~800 ms,一个额中区的LPC与解读互动心理有关。根据本研究结果,解读互动心理的动态加工过程主要发生在500~800 ms,特别是在700~800 ms。同时,本研究还发现在500~

700 ms,一个额区的LPC与解读单个他人心理和解读互动心理都有关。这说明,个体首先区分了心理状态加工与非心理状态加工,然后将解读互动心理与解读单人心理区分开。

Tager-Flusberg 和 Sullivan (2000)认为心理理论包含两个成分:社会知觉成分和社会认知成分。社会知觉指的是区分人和客体或者根据面孔表情、身体姿势和运动所反映的信息,对心理状态做出“在线”的迅速判断。社会认知指的是把跨时间和事件的信息进行整合,对心理状态的内容进行复杂的认知推理。本研究中解读他人心理和解读互动心理都属于社会认知条件,都需要在头脑中对人物的心理状态进行推理加工。但解读他人心理是对单个个体心理的推理,此条件下不需要考虑人际关系。解读互动心理时,个体需要表征所有对互动行为有贡献的个体,需要分析互动中人与人、行为与行为之间的关系,建立共享行动表征,进而正确解读互动心理(Sebanz et al., 2006)。解读互动心理首先需要解读互动中个体的心理,这与解读他人心理的加工相一致。在500~700 ms,解读互动心理的加工可能就是解读互动中个体心理的过程,所以此时间段解读互动心理和解读他人心理的ERP波幅没有出现差异。解读互动心理还需要对互动中的人际关系以及行为与行为的关系进行推理,在700~800 ms,可能就是解读互动中人际关系或行为与行为之间关系的推理,而解读他人心理不需要此加工,所以在该时间段,解读互动心理与解读他人心理的ERP波幅出现差异。

本研究通过个体对成语的理解来揭示个体心理理论加工的实时加工过程,这就要求实验技术一方面要跟上个体的语言理解速度,另一方面必须精确捕捉到同时发生的心理加工动态过程。本研究采用眼动和ERP技术结合满足了以上要求。通过眼动技术可以测查个体语言理解速度,而通过ERP技术可以揭示个体同时发生的内在认知加工过程。本研究将个体在成语第二字和前三字区域上眼动指标的差异与ERP记录中LPC的差异结合起来共同阐明了个体解读单个他人心理与解读互动心理的差异机制。研究发现,解读互动心理与解读单个他人心理有重叠的部位,但它还需要额外的系统来参与。成人复杂的心理理论加工可能存在一个多层次的认知框架结构。个体首先需要解读单个他人的心理,而解读互动心理的早期加工阶段与解读单个他人心理是共同加工(common processes),随后还

需要解读互动心理的特异加工(specific processes)。解读单个他人心理与解读互动心理是心理理论两个不同层次的加工水平, 解读互动心理的加工水平要高于解读单个他人心理的加工水平, 解读单个他人心理是解读互动心理的基础。在已有研究(Wang et al, 2008, 2010)基础上, 本研究为我们提出心理理论的分层认知框架(Hierarchical & Multi-level Cognitive Framework, HMCf)的假设模型提供了多技术的证据支持。

致谢: 感谢匿名审稿专家对本文提出的宝贵意见, 感谢 Blythe 博士的帮助。

参 考 文 献

- Abraham, A., Werning, M., Rakoczy, H., von Cramon, D. Y., & Schubotz, R. I. (2008). Minds, persons, and space: An fMRI investigation into the relational complexity of higher-order intentionality. *Consciousness and Cognition*, 17, 438–450.
- Amodio, D. M., & Frith, C. D. (2006). Meeting of minds: The medial frontal cortex and social cognition. *Nature Reviews Neuroscience*, 7(4), 268–277.
- Blakemore, S. J., Winston, J., & Frith, U. (2004). Social cognitive neuroscience: Where are we heading? *Trends in Cognitive Sciences*, 8, 216–222.
- Chen, H. -C., Song, H., Lau, W. Y., Wong, K. F. E., & Tang, S. L. (2003). Developmental characteristics of eye movements in reading Chinese. In C. McBride-Chang & H. -C. Chen (Eds.), *Reading development in Chinese children* (pp. 157–169). Westport, CT: Praeger.
- Chen, Q. R., Wang, M. J., Liu, H. N., Tan, D. L., Deng, Z., & Xu, X. D. (2011). Combination of eye movement and ERP methods in language cognition: Theory, method, and application. *Advances in Psychological Science*, 19(2), 264–273.
- [陈庆荣, 王梦娟, 刘慧凝, 谭顶良, 邓铸, 徐晓东. (2011). 语言认知中眼动和 ERP 结合的理论、技术路径及其应用. *心理科学进展*, 19(2), 264–273.]
- Coricelli, G., & Nagel, R. (2009). Neural correlates of depth of strategic reasoning in medial prefrontal cortex. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106(23), 9163–9168.
- Foulsham, T., Cheng, J. T., Tracy, J. L., Henrich, J., & Kingstone, A. (2010). Gaze allocation in a dynamic situation: Effects of social status and speaking. *Cognition*, 117, 319–331.
- Gallagher, H. L., Jack, A. I., Roepstorff, A., & Frith, C. D. (2002). Imaging the intentional stance in a competitive game. *NeuroImage*, 16(4), 814–821.
- Hari, R., & Kujala, M. V. (2009). Brain basis of human social interaction: From concepts to brain imaging. *Physiological Reviews*, 89, 453–479.
- Iacoboni, M., Lieberman, M. D., Knowlton, B. J., Molnar-Szakacs, I., Moritz, M., Throop, C. J., et al. (2004). Watching social interactions produces dorsomedial prefrontal and medial parietal BOLD fMRI signal increases compared to a resting baseline. *NeuroImage*, 21, 1167–1173.
- Johnson, M. H. (2011). Interactive specialization: A domain-general framework for human functional brain development? *Developmental Cognitive Neuroscience*, 1(1), 7–21.
- Keysar, B., Lin, S., & Barr, D. J. (2003). Limits on theory of mind use in adults. *Cognition*, 89, 25–41.
- Klin, A., Jones, W., Schultz, R., Volkmar, F., & Cohen, D. (2002). Visual fixation patterns during viewing of naturalistic social situations as predictors of social competence in individuals with autism. *Archives of General Psychiatry*, 59, 809–816.
- Knoblich, G., & Sebanz, N. (2008). Evolving intentions for social interaction: From entrainment to joint action. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 363, 2021–2031.
- Leekam, S. R., & Perner, J. (1991). Does the autistic child have a metarepresentational deficit? *Cognition*, 40(3), 203–218.
- Leslie, A. M. & Thaiss, L. (1992). Domain specificity in conceptual development: Neuropsychological evidence from autism. *Cognition: International Journal of Cognitive Science*, 43, 225–251.
- Leslie, A. M. (1999). “Theory of mind” as a mechanism of selective attention. In M. Gazzaniga (Ed.), *The new cognitive neuroscience* (2nd ed., pp. 1235–1247). Cambridge, MA: MIT Press.
- Liu, D., Meltzoff, A. N., & Wellman, H. M. (2009a). Neural correlates of belief- and desire-reasoning. *Child Development*, 80(4), 1163–1171.
- Liu, D., Sabbagh, M. A., Gehring, W. J., & Wellman, H. M. (2009b). Neural correlates of children’s theory of mind development. *Child Development*, 80(2), 318–326.
- Liu, Y. N., & Shu, H. (2003). ERP and language. *Advances in Psychological Science*, 11(3), 296–302.
- [刘燕妮, 舒华. (2003). ERP 与语言研究. *心理科学进展*, 11(3), 296–302.]
- Maarten, A. S., Boksem, M. A. S., & De Cremer, D. (2010). Fairness concerns predict medial frontal negativity amplitude in ultimatum bargaining. *Social Neuroscience*, 5(1), 118–128.
- Mitchell, J. P. (2009). Inferences about mental states. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 364, 1309–1316.
- Nadig, A. S., & Sedivy, J. C. (2002). Evidence of perspective-taking constraints in children’s on-line reference resolution. *Psychological Science*, 13, 329–336.
- Pelphrey, K. A., Sasson, N. J., Reznick, J. S., Paul, G., Goldman, B. D., & Piven, J. (2002). Visual scanning of faces in autism. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 32, 249–261.
- Premack, D., & Woodruff, G. (1978). Does the chimpanzee have a ‘theory of mind’? *Behavioral and Brain Sciences*, 1(4), 515–526.
- Raposo, A., Vicens, L., Clithero, J. A., Dobbins, I. G., & Huettel, S. A. (2010). Contributions of frontopolar cortex to judgments about self, others and relations. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 5, 1–10.
- Redcay, E., Dodel-Feder, D., Pearrow, M. J., Mavros, P. L., Kleiner, M., Gabrieli, J. D. E., et al. (2010). Live face-to-face interaction during fMRI: A new tool for social cognitive neuroscience. *NeuroImage*, 50, 1639–1647.
- Rutherford, M. D., & McIntosh, D. N. (2007). Rules versus prototype matching: Strategies of perception of emotional facial expressions in the autism spectrum. *Journal of*

- Autism and Developmental Disorders*, 37, 187–196.
- Sabbagh, M. A., & Taylor, M. (2000). Neural correlates of theory-of-mind reasoning: An event-related potential study. *Psychological Science*, 11(1), 46–50.
- Saxe, R., & Powell, L. J. (2006). It's the thought that counts: Specific brain regions for one component of theory of mind. *Psychological Science*, 17, 692–699.
- Sebanz, N., Bekkering, H., & Knoblich, G. (2006). Joint action: Bodies and minds moving together. *Trends in Cognitive Sciences*, 10(2), 70–76.
- Sereno, S. C., & Rayner, K. (2003). Measuring word recognition in reading: Eye movements and event-related potentials. *Trends in Cognitive Sciences*, 7, 489–493.
- Sommer, M., Döhl, K., Sodra, B., Meinhardt, J., Thoermer, C., & Hajaka, G. (2007). Neural correlates of true and false belief reasoning. *NeuroImage*, 35, 1378–1384.
- Tager-Flusberg, H., & Sullivan, K. (2000). A componential view of theory of mind: Evidence from Williams syndrome. *Cognition*, 76(1), 59–90.
- Van't Wout, M., & Sanfey, A. G. (2011). Interactive decision-making in people with schizotypal traits: A game theory approach. *Psychiatry Research*, 185(1), 92–96.
- Wang, S. P., Huang, S. H., & Yang, J. M. (2004). Event-related potential studies of language comprehension. *Journal of South China Normal University (Social Science Edition)*, (6), 107–113.
- [王穗苹, 黄时华, 杨锦绵. (2004). 语言理解的 ERP 研究. *华南师范大学学报 (社会科学版)*, (6), 107–113.]
- Wang, S. P., Tong, X. H., Yang, J. M., & Leng, Y. (2009). Semantic codes are obtained before word fixation in Chinese sentence reading: Evidence from eye-movements. *Acta Psychologica Sinica*, 41, 220–232.
- [王穗苹, 佟秀红, 杨锦绵, 冷英. (2009). 中文句子阅读中语义信息对眼动预视效应的影响. *心理学报*, 41(3), 220–232.]
- Wang, Y. W. & Lin, C. D. (2004). Experimental tasks of theory of mind and its research tendency. *Psychological Exploration*, 23(3), 30–34.
- [王益文, 林崇德. (2004). “心理理论”的实验任务与研究趋向. *心理学探新*, 23(3), 30–34.]
- Wang, Y. W., Lin, C. D., Yuan, B., Huang, L., Zhang, W. X., & Shen, D. L. (2010). Person perception precedes theory of mind: An event related potential analysis. *Neuroscience*, 170 (1), 238–246.
- Wang, Y. W., Liu, Y., Gao, Y. X., Chen, J., Zhang, W. X., & Lin, C. D. (2008). False belief reasoning in the brain: An ERP study. *Science in China Series C*, 51(1), 72–79.
- Wang, Y. W., & Zhang, W. X., (2002). Development of theory-of-mind of 3-6 years old children. *Psychological Development and Education*, 18(1), 11–16.
- [王益文, 张文新. (2002). 3-6 岁儿童“心理理论”的发展. *心理发展与教育*, 18(1), 11–16.]
- Zhang, X. F., & Ye, W. L. (2006). Review of oculomotor measures in current reading research. *Studies of Psychology and Behavior*, 4(3), 236–240.
- [张仙峰, 叶文玲. (2006). 当前阅读研究中眼动指标述评. *心理与行为研究*, 4(3), 236–240].

Reading Another's Mind and Reading the Interactive Mind from Chinese Idioms: Evidences from Eye-movements and ERPs

WANG Yi-Wen¹; ZHENG Yu-Wei¹; SHEN De-Li¹; CUI Lei^{1,2}; YAN Guo-Li¹

(¹Academy of Psychology and Behavior, Tianjin Normal University, Tianjin 300074, China)

(²Department of Education, Jinan Normal University, Qufu 273100, China)

Abstract

Two essential ingredients of everyday cognition are the ability to reason counterfactually and the ability to understand and predict other people's behaviour by attributing independent mental states to them (theory of mind). Theory of mind gradually became one of the areas of much interest among developmental psychology and cognitive neuroscience. In everyday life, people interact in a variety of ways – playfully, competitively, cooperatively – and by their very nature, interactions are more conceptually and methodologically difficult to study than the behaviour and experience of a single person. Understanding the interactive mind is more complex than understanding the single-person mind.

Using three types of Chinese four-character idioms—‘physical idioms’, ‘single person idioms’ and ‘interactive idioms’, the present study was designed to explore the dissociative electrophysiological correlates between reading another's mind and reading the interactive mind. We report one eye-movement study (Experiment 1) and one ERP study (Experiment 2) investigating time course of reading another's mind and reading the interactive mind.

Results from Experiment 1 showed that the total reading times of the second character in single person idioms were longer than in physical idioms. Furthermore, the gaze durations of the first three characters in interactive idioms were longer than in both physical idioms and single person idioms. Results from Experiment 2 showed that in the 500-700ms epoch, the mean amplitudes of the late positive component (LPC) over frontal for single person idioms and interactive idioms were significantly more positive than for physical idioms, while there was no difference between the former two. In the 700-800ms epoch, the mean amplitudes of the LPC over frontal-central for interactive idioms were more positive than for single person idioms and physical idioms, while there was no difference between the latter two.

Our data provide a direct comparison between the electrophysiological correlates for reading another's mind as well as reading the interactive mind. Our findings show that reading the interactive mind overlaps the neural system capable of reading another's mind but requires the involvement of an additional system. Individuals first are able to read another's mind, and the reading the interactive mind builds on that earlier understanding by involving the same mental-state processing characteristic of reading another's mind plus an additional interactive mind processing system as well. We believe that reading another's mind and reading the interactive mind are two different levels of theory of mind. Reading another's mind is the basis for reading the interactive mind and the level of reading the interactive mind is higher than the level of reading another's mind.

Key words theory of mind; mind-reading; eye movement; ERP; Chinese idiom