论文

友好还是敌对? 理解互动意图的大脑动态时程

王益文^{①†*}, 黄亮^{①†}, 张振^①, 宋娟^①, 白丽英^{②*}

① 天津师范大学心理与行为研究院, 天津 300074;

② 福州大学人文学院应用心理学系, 福州 350116

† 同等贡献

* 联系人, E-mail: wangeven@126.com; bxuer@fzu.edu.cn

收稿日期: 2013-08-08; 接受日期: 2014-02-27

国家自然科学基金(批准号: 31371045)、教育部人文社会科学重点研究基地重大项目(批准号: 12JJD190004)、新世纪优秀人才支持计划(批准号: NCET-11-1065)和中青年骨干创新人才培养计划资助

doi: 10.1360/052013-20

摘要 “他们是友好的还是敌对的?”人如何快速识别他人的社会互动意图? 基于对他人意图准确而快速的理解, 才能正确地选择应对策略和反应方式, 做出与对方展开合作还是应对冲突的决策. 为了探索大脑如何理解 2 个个体通过整个身体表现出的不同性质交际意图的动态加工时程, 采用事件相关电位技术记录了 16 名健康被试观察 3 类不同性质的交际意图动作(友好意图、敌对意图和无互动意图)照片时的脑电成分. 电生理学结果表明, 在较早阶段(170~270 ms), 在大脑的额中区发现, 友好意图的 N2 峰值比敌对意图和无互动意图更负, 而敌对意图与无互动意图则没有显著差异. 在晚期阶段(270~500 ms), 在大脑的顶区、中线和右半球, 敌对意图的 P3 峰值比友好意图和无互动意图更正, 而友好意图与无互动意图则没有显著差异. 本研究为大脑理解不同性质的社会互动意图(相对于无互动意图)的动态加工时程提供了神经电生理学的初步证据.

关键词心理理论
友好意图
敌对意图
社会认知
事件相关电位

正确理解他人意图是个体在社会生活中与他人进行有效交流沟通的基础^[1~4]. 在心理学领域, 研究者对该理论机制的关注由来已久. 认知神经科学表明, 人们可以通过观察他人的身体语言、面部表情、眼睛注视、与物体的接触方式, 以及依靠对他人心理状态进行归因的能力(心理理论机制)来理解他人正在或将要做什么^[5~8]. 近来, 具身认知理论^[9,10]表明, 当个体观察到的动作与自己曾经经历过的动作一致时能够促进个体对动作意图的理解, 该理论为心理理论机制提供了新的视角. 根据以上理论, 部分神经

生理学证据表明, 个体的意图性动作与理解他人动作意图的神经表征是相似的^[9~13]. 换言之, 理解他人的动作意图与承载自己的动作意图信息的大脑机制在一定程度上是相似的, 都依赖前运动皮层^[5,14].

近来许多神经成像研究表明, 人们根据自身先前存储的运动经历来推测他人的意图^[5,15,16]. 推测他人的意图需要依赖额-顶动作观察网络和一个假定的社会网络, 包括后部颞上沟, 颞顶联合处(temporal parietal junction, TPJ)和前部扣带皮层——负责心理理论的关键前额区域^[17~19]. 然而迄今为止, 大多数

引用格式: 王益文, 黄亮, 张振, 等. 友好还是敌对? 理解互动意图的大脑动态时程. 中国科学: 生命科学, 2014, 44: 736~746

Wang Y W, Huang L, Zhang Z, et al. Kindness or hostility? Brain dynamics of understanding interactive intentions of other people. SCIENTIA SINICA Vitae, 2014, 44: 736~746, doi: 10.1360/052013-20

的神经成像研究^[10,17,20-22]集中关注私人意图理解的神经机制,而鲜有研究直接关注 2 个或多个个人互动的意图. 正确理解社会互动意图具有重要现实意义^[23]. 只有准确而快速地理解他人意图,才能正确地选择应对策略和反应方式,做出与对方展开合作还是应对冲突的决策. 据研究所知,目前只有极少数的功能性核磁共振成像(functional magnetic resonance image, fMRI)研究^[24,25]关注了不同性质的互动意图的神经基础. Redcay^[26]和 Bahnemann 等人^[27]提出了一个社会认知的两阶段加工模型: (i) 右侧后部颞上沟在生物体运动、心理理论以及道德判断任务中均被激活; (ii) 左侧后部颞上沟以及双侧 TPJ 在心理理论任务和道德判断任务中呈阶梯性依次被激活. 然而,由于 fMRI 技术的时间分辨率较低,目前人们对社会互动情境下不同性质互动意图的神经动态加工时程还知之甚少. 采用高时间分辨率的事件相关电位(event-related potential, ERP)技术,有研究者^[6,28,29]考察了心理理论加工的时间进程. Wang 等人^[8]让被试观看 3 种不同意图类型(私人意图、交际意图和物理意图)的连环画,发现个体理解私人意图和交际意图在晚期正成分(late positive component, LPC)上的动态分离. 上述研究多采用卡通图片作为实验材料,提供了简化的单纯视觉信息来研究意图理解. 人在日常社会生活中是加工真正的人体面孔或动作等信息. 本研究拟采用真人照片作为刺激材料,可在已有研究的基础上提高实验的生态效度.

为了进一步探索大脑理解不同性质的交际意图(如友好意图和敌对意图)的动态加工时程,记录了被试观看表现 2 个人物动作的照片并进行意图推理任务时的脑电变化. 每个试次(trial)中包括 2 张照片,第 1 张是动作准备照片,第 2 张是动作执行照片. 实验包含 3 种条件:友好意图、敌对意图和无互动意图. 其中,无互动意图条件作为本实验的控制条件. 基于以往的研究^[6,8,29],假设大脑加工不同性质的交际意图的时间过程会出现分离. 尽管鲜有电生理学研究直接比较友好意图和敌对意图的理解,Proverbio 等人^[30]比较了高生态背景下合作性互动场景和情感性互动场景的图片诱发的 ERP 波幅差异,结果发现在 160~280 ms 时,合作性互动场景诱发的 N2 波幅比情感性互动场景更负. 此外有研究^[31,32]表明,个体在加工威胁性的面孔时会有有一个显著增强的 P300/LPC 波幅,社会情绪性线索会优先获得大脑的加工^[33]. 因

此,假设在动作执行照片呈现后的较早加工阶段,理解友好意图时诱发 ERP 成分的波幅较大;而随后 ERP 成分的波幅可能在理解敌对意图时的波幅更大,不同性质的社会互动意图可能具有不同的大脑加工时程.

1 材料与方法

1.1 被试

招募自愿前来参与实验的本科生和研究生共 16 名(8 女 8 男,年龄为 20~25 岁,平均年龄为 23 岁). 所有被试均为右利手,视力或者矫正视力正常,没有精神病史,且在实验前均签署了知情同意书,实验后给予一定的报酬.

1.2 实验材料

实验范式参考 Wang 等人^[8]以及 Bahnemann 等人^[27]的研究范式,采用 2 张照片先后呈现的方式,使照片中人物的动作产生运动变化的景象,要求被试在第 2 张照片呈现时先理解清楚后再尽快判断照片中 2 个人物的活动场景. 为保证实验材料的生态效度,本研究的实验材料采用数码相机拍摄,演员为 2 名男性在校研究生(年龄分别为 25 和 28 岁,身高分别为 173 和 175 cm),照片中左边的男性始终作为动作的发起者. 实验条件分为 3 种:友好意图(友好)、敌对意图(敌意)和无互动意图(无互动). 第 1 种条件描述的是 2 名人物友好合作的场景,例如一名人物拿着酒瓶然后给另外一个人斟酒(图 1A);第 2 种条件描述的是 2 名人物敌意冲突的场景,例如一名人物拿着酒瓶砸向另外一个人(图 1B);第 3 种条件作为控制条件,描述的是 2 名人物之间不存在互动、各自独立活动的场景,例如一名人物拿着酒瓶,然后双方没有发生互动,而是背对彼此(图 1C). 每种条件下拍摄了 45 组照片,每组照片由 2 张构成,因而每种条件下共有 90 张照片,由于 3 种条件下相对应的每组照片中的第一张是相同的,3 种条件共 180 张照片. 所有照片经 Photoshop 处理,大小(4 cm×3 cm)、像素(472×354)、颜色(黑白色)统一,照明度、对比度和饱和度一致. 然后随机选取 10 名在校大学生(男女人数各 1/2,年龄为 18~25 岁)对 3 种条件下的每组照片中的第 2 张照片进行评定,总共 135 张照片. 要求他们对照片中

2 个人物活动的友好或冲突程度做 5 点评定(非常友好为 2, 既无冲突也无友好为 0, 非常冲突为-2)。最终选出符合照片中 2 名人物之间是友好合作的场景、敌意冲突的场景、无互动的场景的照片各 33 组, 共 99 张。经单因素方差分析发现, 3 种不同条件下的照片友好或冲突的程度差异极其显著($F(2, 96)=567.189$, $P<0.001$)。进一步事后分析发现, 描述友好合作场景照片的得分(1.00 ± 0.26)要显著大于描述无互动场景照片的得分(-0.06 ± 0.14 , $P<0.001$), 以及显著大于描述敌意冲突场景照片得分(-0.78 ± 0.24 , $P<0.001$), 并且描述无互动场景照片的得分显著大于描述敌意冲突场景照片的得分($P<0.001$)。以上分析表明, 3 种条件下的照片描述的友好或冲突程度有很好的区分度。特别需要说明, 本研究的实验材料与以往研究^[6,8,27,34-39]采用的卡通图片或是手工制作的连环画等材料相比, 除了有较高的生态效度外, 所有照片的物理属性匹配极佳, 不同条件下照片中的人物及物体基本是完全一致的, 这就排除了被试的脑电数据差异是由于不同物理属性所造成的。在实验程序中, 所有图片都是在单一的黑色背景中呈现, 被试坐在电屏蔽室的椅子上, 距离电脑屏幕 1 m 远。观看图片的垂直和水平视角均小于 10° , 从而确保被试的眼动情况基本一致。

1.3 实验程序

实验流程见图 1。在每个试次中, 被试首先会看到提醒其实验已开始的“+”注视点 500 ms, 然后是一张持续 1000 ms 的动作准备照片, 在 400~600 ms 的随机间隔之后, 呈现 1500 ms 的动作执行照片。在 400~600 ms 随机间隔后进入下一个试次。要求被试在呈现动作执行照片时, 思考前后 2 张照片的内在联系, 先理解准确后再尽快判断。判断方式为按键反应, 为避免左、右手混淆, 均用右手反应。如果你认为照片中的左边人对右边人是友好的, 请按 1 键; 如果你认为照片中左边人对右边人没有意图, 请按 2 键; 如果你认为照片中左边人对右边人是敌意的, 请按 3 键。被试需要在 1500 ms 内做出反应, 按键方式在被试间平衡, 超过 1500 ms 视为未反应。正式实验前, 被试先进行一个简短的练习实验以熟悉实验程序, 练习实验与正式实验的材料不同。正式实验中 3 种条件下分别有 30 组实验材料, 循环一次, 各有 60 个试次。

图 1 实验流程图

A: 友好意图条件; B: 敌对意图条件; C: 无互动意图条件。箭头表示 ERP 时程分析的起点

所有参与正式实验的被试均未参加之前的实验材料评定。

1.4 脑电记录和分析

采用国际 10~20 系统扩展的 64 导电极帽, 以 NeuroScan 系统记录 EEG(electroencephalography)信号。脑电记录时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。同时记录双眼外侧的水平眼电(horizontal electrooculogram, HEOG)和左眼上下眶的垂直眼电(vertical electrooculogram, VEOG)。滤波带通为 0.05~100 Hz, AC(alternating current)采样, 采样频率为 1000 Hz/导, 所有电极与头皮之间阻抗都小于 5 k Ω 。对数据进行离线分析, 根据相关 ERP 使用及出版标准^[40]用 Scan 软件对 VEOG 和 HEOG 进行校正, 自动排除其他波幅大于 $\pm 75 \mu V$ 的伪迹信号。

在本研究中, 仅对动作执行照片呈现时的脑电数据进行分析, 并且根据照片呈现时的行为反应数据, 对正确反应的 EEG 进行叠加平均。分析时程为动作执行照片呈现后 900 ms, 该刺激呈现前 200 ms 作为基线。本研究主要比较 3 类不同动作执行照片所诱发的 ERPs 成分波幅的差异。采用 SPSS16.0 软件包录入数据并进行统计分析。据已有研究^[6,8,29,41]和本研究目的, 选择 9 个电极点(F3/FZ/F4, C3/CZ/C4 和 P3/Pz/P4)进行进一步的数据分析。图 2 显示了 18

名被试在 3 种条件下的 ERP 总平均波形. 从图 2 可以看出, 3 种条件(友好意图、敌对意图和无互动意图)下均诱发明显的 N1, N2, P3 和 LPC 成分. N1, N2 和 P3 的测量指标是峰值, 其时间窗口分别为 70~170, 170~270 和 270~500 ms. 此外, 500~900 ms 以每 100 ms 为间隔测量 LPC 的平均波幅. 对在上述 9 个电极点上测得的 ERPs 成分的波幅进行 3(条件: 友好意图、敌对意图和无互动意图) $\times$ 3(电极左右分布: 左半球、中线和右半球) $\times$ 3(电极前后分布: 额区、中央区 and 顶区)三因素重复测量方差分析. 此外, 本研究还对友好意图条件下 ERP 成分的波幅减去无互动意图条件以及敌对意图条件下 ERP 成分的波幅减去无互动意图条件所获得的差异波的 200~600 ms 的平均波幅以每 100 ms 为间隔进行了 2(条件: 友好意图-无互动意图、敌对意图-无互动意图) $\times$ 3(电极左右分布: 左半球、中线和右半球) $\times$ 3(电极前后分布: 额区、中央区 and 顶区)三因素重复测量方差分析, 以进一步考察友好意图条件和敌对意图条件下不同的大脑加工时间特点. 所有主效应和交互作用的 P 值均采用

Greenhouse-Geisser 法校正, 事后配对比较采用 Bonferroni 法校正. 去伪迹后, 友好意图、敌对意图和无互动意图 3 种条件下 ERP 总平均的有效叠加次数分别为 48, 51 和 52.

2 结果

2.1 行为结果

被试在友好、敌对和无互动意图条件的反应正确率分别是 89.58%, 94.03% 和 96.68%(表 1). 采用单因素重复测量方差分析发现, 存在正确率的显著差异 ($F(2, 30)=6.68, P=0.008, MSE=263.07, \eta^2=0.31$). 事后分析仅发现, 友好意图条件的正确率显著低于无互动条件 ($P=0.000$), 友好和敌对意图条件的正确率无显著差异 ($P>0.05$), 说明 2 种不同性质的意图条件不存在任务难度的显著差异. 未发现其他有统计学意义的显著差异.

被试在友好、敌意和无互动条件的平均反应时分别是 878, 770 和 715 ms(表 1). 采用单因素重复测量

图 2 友好意图、敌对意图和无互动意图条件下 ERPs 总平均波形图

表 1 3 种意图动作分类任务的正确率和反应时

任务	正确率(%)	反应时(ms)
友好意图	89.58±10.45	878±110
敌对意图	94.03±5.71	770±141
无互动意图	96.68±5.05	715±97

方差分析发现, 存在反应时的显著差异($F(2, 30)=37.48, P=0.000, \text{MSE}=126904.36, \eta^2=0.71$). 事后分析发现, 友好意图条件的反应时显著长于敌对意图条件($P=0.000$), 与 Ybarra 等人^[42]在社会知觉领域的研究发现是比较一致的. 友好意图条件的反应时也显著长于无互动意图条件($P=0.000$), 而敌对意图条件与无互动意图条件的反应时差异不显著($P>0.05$).

2.2 ERP 结果

(1) N1. 对 N1 的峰值进行了 3(条件)×3(电极左右分布)×3(电极前后分布)三因素重复测量方差分析. 统计分析结果发现, 不存在条件主效应差异显著($F(2, 30)=2.26, P=0.13, \text{MSE}=23.10, \eta^2=0.13$), 也未发现其他有统计学意义的显著差异.

(2) N2. 对 N2 的峰值进行了三因素重复测量方差分析, 未发现条件的主效应差异($F(2, 30)=1.69, P=0.205, \text{MSE}=35.95, \eta^2=0.10$).

统计分析发现条件与电极左右分布的交互作用($F(4, 60)=6.01, P=0.002, \text{MSE}=9.70, \eta^2=0.29$). 简单效应分析仅发现条件在大脑中线上的差异达到边缘显著($F(2, 30)=3.27, P=0.052$). 事后进一步分析发现, 友好意图条件的 N2 波幅(-1.82 ± 0.57)显著比敌对意图条件(-0.42 ± 0.75)更负($P=0.020$), 友好意图条件的 N2 波幅与无互动意图条件(-0.75 ± 0.63)的差异也达到边缘显著($P=0.082$), 而敌对意图条件与无互动意图条件的 N2 波幅无显著差异($P=0.583$).

统计分析结果还发现, 条件与电极前后分布的交互作用达到边缘显著($F(4, 60)=2.80, P=0.078, \text{MSE}=18.35, \eta^2=0.16$).

(3) P3. 对 P3 的峰值进行了三因素重复测量方差分析, 发现存在条件的主效应差异($F(2, 30)=6.46, P=0.009, \text{MSE}=38.96, \eta^2=0.30$). 事后分析发现, 敌对意图条件的 P3 波幅(11.45 ± 1.14)比友好意图条件(9.11 ± 1.13)更正($P=0.001$), 敌对意图条件的 P3 波幅与无互动意图条件(9.96 ± 1.09)差异不显著($P=0.155$). 友好意图条件与无互动意图条件也无显著差异($P=0.842$).

统计分析结果还发现条件与电极左右分布的交互作用($F(4, 60)=5.56, P=0.002, \text{MSE}=17.33, \eta^2=0.27$). 简单效应分析发现, 条件在大脑的中线有显著差异($F(2, 30)=9.85, P=0.001$). 事后进一步分析发现, 在大脑的中线, 敌对意图条件的 P3 波幅(12.11 ± 1.11)比友好意图条件(8.86 ± 1.19)更正($P<0.001$), 敌对意图条件的 P3 波幅与无互动意图条件(10.31 ± 1.25)的差异达到边缘显著($P=0.070$). 友好意图条件与无互动意图条件则无显著差异($P=0.381$). 简单效应分析还发现, 条件在大脑的右半球有显著差异($F(2, 30)=7.21, P=0.003$). 事后进一步分析发现, 在大脑的右半球, 敌对意图条件的 P3 波幅(12.38 ± 1.24)比友好意图条件(9.95 ± 1.17)更正($P<0.001$), 敌对意图条件的 P3 波幅与无互动意图条件(10.36 ± 1.06)的差异达到边缘显著($P=0.061$). 友好意图条件与无互动意图条件则无显著差异($P=1.000$).

统计分析结果还发现条件与电极前后分布的交互作用($F(4, 60)=6.77, P=0.004, \text{MSE}=72.71, \eta^2=0.31$). 简单效应分析发现, 条件在大脑的中央区有显著差异($F(2, 30)=6.28, P=0.005$). 事后进一步分析发现, 在大脑的中央区, 敌对意图条件的 P3 波幅(10.91 ± 1.25)比友好意图条件(8.35 ± 1.20)更正($P=0.001$). 敌对意图条件与无互动意图条件的 P3 波幅(9.41 ± 1.23)则没有显著差异($P=0.233$), 友好意图条件与无互动意图条件也没有显著差异($P=0.661$). 简单效应分析还发现, 条件在大脑的顶区有显著差异($F(2, 30)=13.04, P=0.000$). 事后进一步分析发现, 在大脑的顶区, 敌对意图条件的 P3 波幅(15.49 ± 1.13)比友好意图条件(11.72 ± 1.03)更正($P=0.000$), 敌对意图条件的 P3 波幅比无互动意图条件(12.54 ± 1.36)更正($P=0.008$). 友好意图条件与无互动意图条件则无显著差异($P=1.000$).

(4) LPC. 对 500~900 ms 的平均波幅, 以每 100 ms 为间隔, 做三因素重复测量方差分析(表 2). 结果发现, 在 500~600 ms 时间窗口, 存在条件与电极左右分布的交互作用(表 2). 简单效应分析却没有发现在大脑的左右半球或是中线存在条件的 LPC 波幅显著差异(表 2). 结果还发现, 存在条件与电极前后分布的交互作用($F(4, 60)=4.54, P=0.013, \text{MSE}=36.40, \eta^2=0.23$). 简单效应分析发现, 仅在大脑的顶区条件的差异达到边缘显著差异($P=0.083$). 在 600~700 ms 时间窗口, 不存在任何有统计学意义的

表 2 500~900 ms ERP 波幅方差分析结果^{a)}

时间窗口(ms)	主效应 $F(2, 30)$	条件与电极左右分布交互作用 $F(4, 60)$	$\bar{x} \pm SE(\text{波幅}, \mu V)$		
			友好意图	敌对意图	无互动意图
500~600	0.98	3.44 [*]	5.90±0.97	7.07±1.10	6.38±1.04
600~700	1.76	2.05	5.47±0.89	5.27±0.90	4.22±0.87
700~800	3.19	2.74	3.13±0.89	2.90±0.79	1.13±0.84
800~900	0.63	3.41 [*]	1.95±0.62	1.64±0.96	1.02±0.93

a) *: $P < 0.05$

显著差异。

统计分析结果发现, 在 700~800 ms 时间窗口, 条件的主效应差异达到边缘显著($F(4, 60)=3.19$, $P=0.058$, $MSE=178.94$, $\eta^2=0.175$)。结果还发现, 条件与电极左右分布的交互作用也达到边缘显著($F(4, 60)=2.74$, $P=0.058$, $MSE=12.03$, $\eta^2=0.16$)。在 800~900 ms 时间窗口, 存在条件与电极左右分布的交互作用, 以及条件与电极前后分布的交互作用($F(4, 60)=3.41/3.46$, $P_s < 0.05$, $MSE=16.35/33.54$)。简单效应分析却没有发现在大脑的左右半球和中线上存在条件的显著差异($P_s > 0.05$), 而在大脑顶区存在条件的显著差异($P=0.037$)。事后进一步分析发现, 在大脑顶区, 友好意图条件的 LPC 波幅与无互动意图条件的差异达到边缘显著($P=0.051$), 友好意图条件的 LPC 波幅与敌对意图条件无显著差异($P=1.000$), 敌对意图条件与无互动意图条件也无显著差异($P=0.264$)。

值得关注的是, 270~500 ms 3 种条件的 P3 波幅存在显著差异。这种差异在 3 种条件的脑地形图中得到印证(图 3A)。图 3A 是根据 3 种条件在 270~500 ms 时间窗口内的峰值做出, 显示出与统计分析发现的条件与电极左右分布或条件与电极前后分布的显著交互作用一致, 在大脑右半球和顶区, 敌对意图条件比友好意图条件和无互动条件被更显著激活, 而友好意图条件和无互动条件的激活区域则没有显著差异。700~800 ms 3 种条件的 LPC 平均波幅存在显著差异。这种差异同样在 3 种条件的脑地形图中得到印证(图 3B)。图 3B 是根据 3 种条件在 700~800 ms 时间窗口内的平均波幅做出, 显示出与统计分析发现的条件与电极左右分布或条件与电极前后分布的显著交互作用一致, 在大脑的右半球, 友好意图条件比无互动意图条件被更显著激活, 同时, 敌对意图条件比无互动意图条件也被更显著激活, 而友好意图条件与

敌对意图条件的激活区域则没有显著差异。

(5) 差异波。研究认为, 将友好意图条件减去无互动意图条件所获得的差异波, 可能与友好意图理解有关; 而将敌对意图条件减去无互动意图条件所获得的差异波, 可能与敌对意图理解有关。此外, 还对敌对意图条件减去友好意图条件的差异波做地形图。将以上 3 种情况, 均从 0~900 ms, 以 100 ms 为时间间隔, 做脑地形图。差异波及脑地形图如图 4 所示。

对 200~600 ms 差异波的平均波幅, 以每 100 ms 为时间间隔, 做 2(条件: 友好差异波和敌意差异波)×3(电极左右分布: 左半球、中线和右半球)×3(电极前后分布: 额区、中央区 and 顶区)三因素重复测量方差分析。统计分析结果发现, 200~500 ms 存在显著的条件主效应(表 3)。统计分析结果表明, 敌意差异波比友好差异波的波幅要更大。有趣的是, 统计分析还发现, 200~600 ms 存在条件与电极大脑前后分布的交互作用(表 3)。简单效应分析发现, 在 200~400 ms, 敌意差异波在大脑的额区、中央区 and 顶区都要比友好差异波更大, 而 400~600 ms 在中央区 and 顶区发现敌意差异波要比友好差异波更大。此外, 统计分析还发现, 200~600 ms 存在条件与电极左右分布的交互作用(表 3)。简单效应分析发现, 在 200~300 ms, 敌意差异波在大脑的左半球、右半球和中线均要比友好差异波更大, 而 300~600 ms 仅在右半球和中线发现敌意差异波要比友好差异波更大。

值得关注的是, 200~500 ms 敌意差异波比友好差异波的波幅要更大, 这种差异在脑地形图中得到印证(图 4)。与统计分析发现的条件与电极点大脑前后分布或条件与电极点大脑左右分布的交互作用较一致。在大脑的顶区和中央区, 敌意差异波要比友好差异波被更显著激活。同时在大脑的右半球, 敌意差异波也要比友好差异波被更显著激活。

图3 友好、敌对和无互动意图条件下的P3波幅柱状图及脑地形(A)和700~800 ms时间窗口的3种条件下的脑地形图(B)
***: $P<0.001$

图4 差异波(dK-N: 友好差异波; dH-N: 敌意差异波; dH-K: 敌意减友好差异波)及0~900 ms 差异波地形图

表3 200~600 ms 差异波波幅的方差分析结果^{a)}

时间窗口(ms)	条件主效应 $F(1, 15)$	条件与电极前后分布 交互作用 $F(2, 30)$	条件与电极左右分布 交互作用 $F(2, 30)$	$\bar{x} \pm SE$ (波幅, μV)	
				友好差异波	敌意差异波
200~300	29.48***	1.41***	17.19***	-0.94±0.47	1.51±0.51
300~400	21.15***	12.94***	19.99***	-0.36±0.79	1.89±0.62
400~500	9.50**	19.62***	13.95***	-0.05±0.90	1.43±0.85
500~600	2.56	6.96*	9.16**	-0.23±0.89	0.65±0.93

a) ***: $P<0.001$; **: $P<0.01$; *: $P<0.05$

3 讨论

3.1 N2 与理解友好意图

本研究旨在考察大脑理解人际互动背景下不同性质的交际意图的动态时程。ERP 结果显示, 不存在 N1 的条件主效应差异和其他任何有统计学意义的显著差异, 该结果表明在 100 ms 左右时, 大脑对不同性质的交际意图还不能进行理解区分。

对 N2 的 ERP 统计分析结果发现, 不存在任务条件的主效应差异, 但发现了任务条件与电极左右分布以及任务条件与电极前后分布的交互作用。在大脑的中线上, 友好意图的 N2 峰值显著大于敌对意图以及无互动意图的差异也达到边缘显著, 但是敌对意图与无互动意图的 N2 峰值则没有显著差异。Proverbio 等人^[30]比较了高生态背景下合作性互动场景和情感性互动场景的图片诱发的 ERP 波幅。结果发现, 在 160~280 ms 时, 合作性互动场景诱发的 N2 波幅在大脑顶区比情感性互动场景更负。本研究结果与前人较一致, 均发现了 N2 波幅可能与理解友好意图相关。Proverbio 等人^[43,44]还发现个体对合理的动作(相比不合理的动作)进行早期加工时, 在大脑顶区出现了一个明显 N200 成分, 即大脑可能对人们日常生活中常见的合理动作比较敏感。在本研究中, 无论是友好意图或是敌对意图, 都是日常生活中常见的合理动作, 而在大脑的额区, 友好意图的 N2 峰值却显著大于敌对意图, 与以往研究的结果不一致, 这可能是由于实验材料的不同和探究问题的角度不同所致。

3.2 P3 与理解敌对意图

在 270~500 ms, ERP 结果显示存在任务条件的主效应差异, 敌对意图的 P3 波幅比友好意图更正, 而敌对意图与无互动意图的 P3 波幅不存在显著差异, 友好意图与无互动意图则无显著差异。该结果与先前很多研究^[31,32]发现较一致。Moser 等人^[31]发现, 高社会性焦虑的个体加工威胁性的面孔时 ERP 波幅(P300/LPC)更大。Weymar 等人^[45]以文字材料进行记忆测验, 发现被试在编码阶段, 与提示安全的词语相比, 提示威胁的词语引发了一个增强的 P3 成分。本研究中, 敌对意图包含了一种社会威胁性的信息, 相比友好意图和无互动意图, 诱发了更强的 P3 波幅。

许多研究证实 P3 反映被试对刺激的接受、处理以及反应等认知过程, 是注意、感知、记忆、判断和思维的总和。因此本研究表明, 个体在理解敌对意图时可能包括更多的注意、感知等认知过程, 需要投入更多的认知神经加工能量。

ERP 统计分析结果还发现, 存在任务条件与电极前后分布以及任务条件与电极左右分布的交互作用。在大脑的顶区、右半球以及中线, 均发现敌对意图的 P3 峰值大于友好意图和无互动意图。Hirai 和 Kakigi^[46]采用脑磁图技术发现, 被试观察 2 个个体互动时(相比不存在互动), 在刺激呈现后 300~400 ms 时双侧枕颞区域被显著激活, 其中大脑右半球的诱发视野的峰值显著减小。本研究结果与该研究有差异, 可能是由于实验材料的不同以及实验技术的不同所致。而 Sinke 等人^[25]发现, 当采用内隐的实验任务时, 与观看挑逗的电影片段相比, 被试的额-顶动作观察网络、动作准备网络, 以及负责加工道德违反的大脑区域在观看威胁的电影片段时都被显著激活。在另外一个 fMRI 研究中, Decety 等人^[24]发现, 当被试观察到一个个体伤害另一个个体时, 大脑中负责表征社会互动和道德行为的脑区被显著激活(TPJ、旁扣带皮层、内侧眶额皮层和杏仁核), 额-顶动作观察网络与这些区域的神经连接性也显著增强。本研究发现与 Sinke 等人^[25]的研究结果部分一致。大脑的顶区在加工个体动作时是必不可少的。实验任务条件的差异在 270~500 ms 时间窗口内的脑地形图中进一步得到印证, 显示出在大脑右半球和顶区, 敌对意图比友好意图和无互动意图都被更显著激活, 而友好意图和无互动意图的激活区域则没有显著差异。在日常社会交往中, 人们不仅通过观察对方的身体语言来获得其运动意图信息, 而且常将对方的面部表情和身体语言结合起来判断对方的意图。相关行为和 fMRI 研究^[47~50]发现, 个体的不同效价的面部表情会影响到被试对个体意图的判断并影响到被试随后的决策行为, 愤怒的面部表情相比愉快的面部表情更强地激活了被试的杏仁核等区域。本研究中要求 2 位表演者的面部表情保持中性, 减少了不同效价的面部表情对身体语言理解的影响, 从而避免其他因素对实验的干扰。

此外, 本研究还将 200~600 ms 的友好差异波和敌意差异波的平均波幅进行了统计分析。结果发现, 2 种差异波的主效应显著, 敌意差异波比友好差异波

的波幅要更正。结果还发现, 存在条件与电极大脑前后分布的交互作用。简单效应分析发现, 在 200~400 ms, 在大脑的额区、中央区和顶区, 敌意差异波要比友好差异波更大, 而从 400~600 ms, 仅在中央区和顶区发现敌意差异波要比友好差异波更大。统计分析还发现, 200~600 ms 存在条件与电极左右分布的交互作用。简单效应分析发现, 在 200~300 ms, 敌意差异波在大脑的左半球、右半球和中线均要比友好差异波更大, 而 300~600 ms 仅在右半球和中线发现敌意差异波要比友好差异波更大。以上结果从差异波角度进一步验证了大脑在理解敌对意图和友好意图时在 P3 水平上的差异。与此同时, 该结果还表明, 敌意差异波和友好差异波在左半球的头皮激活差异逐步消失, 从一定程度上可能反映了大脑头皮的激活从左半球向右半球的转移趋势, 与 Redcay^[26]和 Bahnmann 等人^[27]提出的社会认知两阶段加工模型较吻合。对 500~900 ms 的 LPC 波幅的重复测量方差分析发现, 在 800~900 ms 时间窗口存在条件与电极左右分布的交互作用以及条件与电极前后分布的交互作用。Wang 等人^[51]采用四字成语做为材料考察解读互动心理和单个人心理的差异, 发现在 700~800 ms 时, 在额中区有一个 ERP 的晚期正成分只与解读互动心理有关。本研究的结果与该研究结果较一致。在本研究中友好意图和敌对意图均属于互动意图, 因而在 700~800 ms 也发现了晚期正成分仅与理解互动意图有关。至于激活脑区存在差异以及时程上的

表现不完全一致, 可能是因为实验材料的不同或者 ERP 技术的低空间分辨率限制所致。

需要说明的是, 研究者注意到行为结果与脑电成分并未完全一一对应。在其他 ERP 研究^[52]中也存在行为与脑电结果不一致的情况。这一相分离的结果可能是因为脑电指标比行为指标更敏感, 也可能是因为脑电成分只能反映信息加工的某一阶段, 而行为结果则是整个信息加工过程的最终输出结果, 二者无法一一对应^[53]。在本研究中, 采用更加接近真实情况的照片, 实验材料的生态效度较高。采用 2 张照片先后呈现的方式, 考察的是第 2 幅照片呈现时的 ERP 波幅, 由于 3 种任务条件中的第 1 幅照片都相同, 因而避免了被试可能已经对人物是否互动或产生何种性质的互动产生预期。以上做法改进了之前的研究^[6,8]。但本研究仍然存在不完善的地方。与无互动意图相比, 友好意图和敌对意图的实验材料可能更加复杂多变, 3 种实验条件图片的复杂程度和任务难度, 在进一步的研究中要得到更好的控制和改进, 所以对本研究结果的推论应该更加谨慎。本研究以 3 类不同性质交际意图的动作照片作为实验材料, 考察了大脑理解不同性质交际意图时的相关 ERP 成分。结果表明, 在 170~270 ms, N2 可能反映了大脑对友好意图的理解; 在 270~500 ms, P3 可能反映了大脑对敌对意图的理解。本研究初步发现了大脑理解友好意图、敌对意图时的相关 ERP 成分分离的电生理学证据。

参考文献

- den Ouden H E M, Frith U, Frith C, et al. Thinking about intentions. *Neuroimage*, 2005, 28: 787-796
- Satpute A B, Fenker D B, Waldmann M R, et al. An fMRI study of causal judgments. *Eur J Neurosci*, 2005, 22: 1233-1238
- Bara B G. *Cognitive Pragmatics: Mental Processes of Communication*. Boston: MIT Press, 2007
- Cacippo J T, Berntson G G, Decety J. Social neuroscience and its relationship to social psychology. *Soc Cogn*, 2010, 28: 675-685
- Rizzolatti G, Sinigaglia C. Further reflections on how we interpret the actions of others. *Nature*, 2008, 455: 589
- Wang Y W, Ling C D, Yuan B, et al. Person perception precedes theory of mind: an event related potential analysis. *Neuroscience*, 2010, 170: 238-246
- Wang Y W, Zheng Y W, Lin C D, et al. Electrophysiological correlates of reading the single- and interactive-mind. *Front Hum Neurosci*, 2011, 5: 64
- Wang Y W, Huang L, Lin C D, et al. Spatio-temporal brain dynamics of understanding social versus private intentions: an electrical neuroimaging study. *Neuroquantology*, 2012, 10: 733-743
- Grafton S T. Embodied cognition and the simulation of action to understand others. *Ann N Y Acad Sci*, 2009, 1156: 97-117
- Ortigue S, Sinigaglia C, Rizzolatti G, et al. Understanding actions of others: the electrodynamics of the left and right hemispheres. A high-density EEG neuroimaging study. *PLoS One*, 2010, 5: e12160
- Garbarini F, Adenzato M. At the root of embodied cognition: cognitive science meets neurophysiology. *Brain Cogn*, 2004, 56: 100-106
- Niedenthal P M. Embodying emotion. *Science*, 2007, 316: 1002-1005
- Jackson P L, Decety J. Motor cognition: a new paradigm to study self-other interactions. *Curr Opin Neurobiol*, 2004, 14: 259-263

- 14 Frith C. Attention to action and awareness of other minds. *Conscious Cogn*, 2002, 11: 481–487
- 15 Aglioti S M, Cesari P, Romani M, et al. Action anticipation and motor resonance in elite basketball players. *Nat Neurosci*, 2008, 11: 1109–1116
- 16 Grafton S T, Schmitt P, Van Horn J, et al. Neural substrates of visuomotor learning based on improved feedback control and prediction. *Neuroimage*, 2008, 39: 1383–1395
- 17 Ortigue S, Thompson J C, Parasuraman R, et al. Spatio-temporal dynamics of human intention understanding in temporo-parietal cortex: a combined EEG/fMRI repetition suppression paradigm. *PLoS One*, 2009, 4: e6962
- 18 Van Overwalle F, Baetens K. Understanding others' actions and goals by mirror and mentalizing system: a meta-analysis. *Neuroimage*, 2009, 48: 564–584
- 19 Centelles L, Assaiante C, Nazarian B, et al. Recruitment of both the mirror and the mentalizing networks when observing the social interactions depicted by point-lights: a neuroimaging study. *PLoS One*, 2011, 6: e15749
- 20 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: 1706–1716
- 21 Iacoboni M, Molnar-Szakacs I, Gallese V, et al. Grasping the intentions of others with one's own mirror neuron system. *PLoS Biol*, 2005, 3: e79
- 22 Brass M, Schmitt R M, Spengler S, et al. Investigating action understanding: inferential process versus action simulation. *Curr Biol*, 2007, 17: 2117–2121
- 23 Frith C D, Frith U. Interacting minds—a biological basis. *Science*, 1999, 286: 1692–1695
- 24 Decety J, Michalska K J, Akitsuki Y. Who caused the pain? An fMRI investigation of empathy and intentionality in children. *Neuropsychologia*, 2008, 46: 2607–2614
- 25 Sinke C B A, Sorger B, Goebel R, et al. Tease or threat? Judging social interactions from bodily expressions. *Neuroimage*, 2010, 49: 1717–1727
- 26 Redcay E. The superior temporal sulcus performs a common function for social and speech perception: implications for the emergence of autism. *Neurosci Biobehav Rev*, 2008, 32: 123–142
- 27 Bahnemann M, Dziobek I, Prehn K, et al. Sociology in the temporoparietal cortex: common versus distinct process. *Soc Cogn Affect Neurosci*, 2010, 5: 48–58
- 28 王益文, 刘岩, 高艳霞, 等. 错误信念推理的时间过程与源定位. *中国科学 C 辑: 生命科学*, 2008, 38: 93–100
- 29 Liu D, Sabbag M A, Gehring W J, et al. Decoupling beliefs from reality in the brain: an ERP study of theory of mind. *Neuroreport*, 2004, 15: 991–995
- 30 Proverbio A M, Riva F, Paganelli L, et al. Neural coding of cooperative vs. affective human interactions: 150 ms to code the action's purpose. *PLoS One*, 2011, 6: e22026.
- 31 Moser J S, Huppert J D, Duval E, et al. Face processing biases in social anxiety: an electrophysiological study. *Biol Psychol*, 2008, 78: 93–103
- 32 Sewell C, Palermo R, Atkinson C, et al. Anxiety and the neural processing of threat in faces. *Neuroreport*, 2008, 19: 1339–1343
- 33 Wieser M J, McTeague L M, Keil A. Sustained preferential processing of social threat cues: bias without competition. *J Cogn Neurosci*, 2011, 23: 1973–1986
- 34 Baron-Cohen S, Leslie A M, Frith U. Mechanical, behavioral and intentional understanding of picture stories in autistic children. *Brit J Dev Psychol*, 1986, 4: 113–125
- 35 Brunet E, Sarfati Y, Hardy-Baylé M C, et al. A PET investigation of the attribution of intentions with a nonverbal task. *Neuroimage*, 2000, 11: 157–166
- 36 Brunet E, Sarfati Y, Hardy-Baylé M C. Reasoning about physical causality and other's intentions in schizophrenia. *Cogn Neuropsychiatry*, 2003, 8: 129–139
- 37 Walter H, Adenzato M, Ciaramidaro A, et al. Understanding intentions in social interaction: the role of the anterior paracingulate cortex. *J Cogn Neurosci*, 2004, 16: 1854–1863
- 38 Walter H, Ciaramidaro A, Adenzato M, et al. Dysfunction of the social brain in schizophrenia is modulated by intention type: an fMRI study. *Soc Cogn Affect Neurosci*, 2009, 4: 166–176
- 39 Ciaramidaro A, Adenzato M, Enrici I, et al. The intentional network: how the brain reads varieties of intentions. *Neuropsychologia*, 2007, 45: 3105–3113
- 40 Picton T W, Bentin S, Berg P, et al. Guidelines for using human event-related potentials to study cognition: recording standards and publication criteria. *Psychophysiology*, 2000, 37: 127–152
- 41 Liu D, Meltzoff A N, Wellman H M. Neural correlates of belief- and desire-reasoning. *Child Dev*, 2009, 80: 1163–1171
- 42 Ybarra O, Chan E, Park D C. Young and old adults' concerns about morality and competence. *Motiv Emot*, 2001, 25: 85–100
- 43 Proverbio A M, Riva F. RP and N400 ERP components reflect semantic violations in visual processing of human actions. *Neurosci Lett*, 2009, 459: 142–146

- 44 Proverbio A M, Riva F, Zani A. When neurons do not mirror the agent's intentions: sex differences in neural coding of goal-directed actions. *Neuropsychologia*, 2010, 48: 1454–1463
- 45 Weymar M, Bradley M M, Hamm A O, et al. When fear forms memories: threat of shock and brain potentials during encoding and recognition. *Cortex*, 2013, 49: 819–826
- 46 Hirai M, Kahigi R. Differential orientation effect in the neural response to interacting biological motion of two agents. *BMC Neurosci*, 2009, 10: 39
- 47 van't Wout M, Sanfey A G. Friend or foe: the effect of implicit trustworthiness judgments in social decision-making. *Cognition*, 2008, 108: 796–803
- 48 Carter E J, Pelphrey K A. Friend or foe? Brain systems involved in the perception of dynamic signals of menacing and friendly social approaches. *Soc Neurosci*, 2008, 3: 151–163
- 49 Vrticka P, Andersson F, Sander D. Memory for friends or foes: the social context of past encounters with faces modulates their subsequent neural traces in the brain. *Soc Neurosci*, 2009, 4: 384–401
- 50 Guroglu B, Haselager G J T, van Liershout C F M, et al. Why are friends special? Implementing a social interaction simulation task to probe the neural correlates of friendship. *Neuroimage*, 2008, 39: 903–910
- 51 Wang Y W, Zheng Y W, Shen D L, et al. Reading another's mind and Reading the interactive mind from Chinese idioms: evidence from eye-movements and ERPs. *Acta Psychol Sin*, 2012, 44: 100–111
- 52 Kounios J, Holcomb P J. Structure and process in semantic memory: evidence from event-related brain potentials and reaction times. *J Exp Psychol Gen*, 1992, 121: 459–479
- 53 Wu Y, Zhou X L. The Context-dependency of fairness processing: evidence from ERP study. *Acta Psychologica Since*, 2012, 44: 797–806

Kindness or Hostility? Brain Dynamics of Understanding Interactive Intentions of Other People

WANG YiWen¹, HUANG Liang¹, ZHANG Zhen¹, SONG Juan¹ & BAI LiYing²

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

2 Department of Applied Psychology, Fuzhou University, Fuzhou 350116, China

Previous studies did not directly compare the time course of neural correlates underlying the different kinds of social motor intentions, specifically the communicative intentions produced by two agents' whole body movements. In order to characterize the time course of the communicative intention inference (vs. non-interactive intention) in the brain, we employed the ERP (event-related potential) technology to record 16 healthy participants' electrical brain activity while they were watching photos depicting two actors' actions, and performing an intention inference task (IIT). There were three different types of action intentions: kindness, hostility and non-interactiveness. Electro-physiological results revealed the peak amplitudes of N2 over the frontal sites for kindness intentions were significantly larger than those for hostility and non-interactive intentions. On the other hand, there were no significant differences between hostility and non-interactive intention at N2. At a later stage (i.e., during the 270–500 ms epoch), the peak amplitude of the P3 over the parietal sites and the right hemisphere was significantly larger for hostility intentions compared to the kindness and non-interactive intentions, while there were no significant differences between kindness and non-interactive intentions. The present study provides preliminary evidence of the temporal dynamics sustaining the dissociation between the understanding of different kinds of social motor intentions versus non-interactive motor intention.

Psychological theory, kindness intention, hostility intention, social cognition, ERP

doi: 10.1360/052013-20