

Is morality hardwired into the brain?

大脑是如何建立道德观念的: 道德的认知神经机制研究进展与展望

王云强, 郭本禹*

教育部人文社科重点研究基地南京师范大学道德教育研究所, 南京师范大学心理学院, 南京 210097

* 联系人, E-mail: gbypro@163.com

2017-05-19 收稿, 2017-07-10 修回, 2017-07-10 接受, 2017-08-02 网络版发表

国家社会科学基金(14CSH017)资助

摘要 道德认知神经科学研究为“大脑是如何建立道德观念的”(Science125个科学前沿问题的第93个问题)这一难题给出了初步回答. 这些研究主要集中在3个方面, 即道德判断的脑机制、道德情绪的脑机制和道德的整合性脑机制模型. 道德判断的脑区涉及背外侧前额叶、颞叶前部和颞顶连接处等与认知加工相关的部位, 以及腹内侧前额叶、眶前额叶、前扣带回和杏仁核等与情绪加工相关的部位. 移情、内疚和钦佩等道德情绪能够激活腹内侧前额叶、前扣带回和前脑岛等部位. 代表性的整合性脑机制模型有道德判断的双加工理论、事件-特征-情绪复合模型理论、三重脑理论, 以及合作与利他惩罚的脑机制模型. 未来的研究应整合已有研究成果, 逐步提高生态效度, 综合采用多种方法和丰富拓展研究视角.

关键词 道德, 道德判断, 道德情绪, 认知神经机制

道德是哲学、心理学和认知神经科学等诸多学科关注的重要主题. 西方的“道德”(morality)一词源于拉丁语的 *moralis*, 意指某一社会群体内一致的风俗习惯, 或者某些行为倾向^[1]. 理性主义等哲学传统力求揭示指导人类行为的普遍原则. 中国古代并无“道德”一词, 直到战国时期, “道”与“德”二字才合为“道德”, 意为外在行为规范与内在个人修养的统一. 心理学和神经科学研究者一般把道德理解为某一文化群体所信奉的一系列风俗习惯和价值观. 自皮亚杰和科尔伯格等心理学家之后, 道德逐步进入心理学研究视野. 进入21世纪以来, 道德更是成为认知神经科学研究的新增长点, 道德认知神经科学(moral cognitive neuroscience, 或称神经伦理学, neuroethics)应运而生^[2,3]. 越来越多的道德认知神经科学研究正在对“大脑是如何建立道德观念的”这一困扰哲学家

们多年的问题尝试做出解答. 本文将从道德判断的脑机制、道德情绪的脑机制和道德的整合性脑机制模型等方面来介绍道德的认知神经机制研究新进展.

1 道德判断的脑机制

道德判断是个体根据道德准则对自己或他人的行为进行道德评价的过程. 受康德思想的影响, 道德认知发展学派认为道德判断的首要影响因素是理性的认知, 而情绪对道德判断的影响是消极的. 20世纪80年代以来的心理学研究表明, 认知和情绪均参与到道德判断过程中. 当前的认知神经科学研究揭示, 道德判断是认知和情绪共同作用的结果.

道德判断中的认知加工一方面涉及注意、感知觉、记忆和思维等一般认知过程, 另一方面涉及对他人信念、愿望和意图的理解等社会认知. 与道德判断

引用格式: 王云强, 郭本禹. 大脑是如何建立道德观念的: 道德的认知神经机制研究进展与展望. 科学通报, 2017, 62: 2867-2875

Wang Y Q, Guo B Y. Is morality hardwired into the brain? The recent advances and prospects of cognitive neural mechanism researches of morality (in Chinese). Chin Sci Bull, 2017, 62: 2867-2875, doi: 10.1360/N972017-00555

中的认知加工密切相关的脑区主要有: (i) 背外侧前额叶(DLPFC). 该脑区能够对感觉、知觉和记忆等信息进行整合, 与认知控制、审慎思维和行为计划有关. 研究发现, DLPFC与道德两难情境中的功利主义选择(即以获得最大利益为判断的出发点, 只关注行为的结果而较少考虑其他因素)密切相关^[4,5]; 基于行动的和非行动的难题情境中, 道德判断均激活了DLPFC^[6]. 在DLPFC接受了低频重复经颅磁刺激即功能受到抑制后, 被试的道德判断水平有显著下降: 与控制组相比, 其拒绝他人故意提出的不公平方案的意愿明显降低^[7]. (ii) 颞叶前部(ATL). 这一脑区与抽象概念表征的理解有关, 使得人们能够在各种情境中理解道德现象. ATL会卷入语义表征和社会概念信息的合成^[8], 其损伤能够引发不恰当的社会行为^[9]. (iii) 颞顶连接处(TPJ). TPJ被证明是心理理论的脑区, 其功能是理解社会性线索和意图. 研究显示, 该部位与道德判断过程中或之后对他人心理状态的推理有关^[10,11]; 损伤^[12]或经颅磁刺激^[13]对TPJ的抑制能够减弱理解他人信念的能力. 在进行快速、容易的道德决策时TPJ的激活显著增强, 这表明它对于明显的、相互矛盾的信息的关注和权衡以及理解他人意图是非常重要的^[14].

道德判断既包括理性的认知加工, 也包括非理性的情绪加工. 与道德判断中情绪加工相关的脑区在道德判断中会被不同程度的激活. 这些脑区包括: (i) 腹内侧前额叶(VMPFC). 这一脑区是协调和监控情绪的重要中枢. 对正常被试的研究显示, 无论是在观看能唤起道德感的照片、图片或者阅读道德陈述^[15,16], 还是让被试对行为进行道德判断或者判断是否应该做出诸如捐赠、助人等道德行为时^[4,17,18], VMPFC会被显著激活. Anderson等人^[19]发现, 童年期VMPFC受损者的道德水平明显低于正常同龄人, 表现出前习俗阶段的特征, 即以个人为中心的和逃避惩罚的道德价值取向. Koenigs等人^[20]的研究显示, 与正常被试相比, VMPFC受损者在道德两难选择中更倾向于做出功利判断. 这主要是因为该部位的损伤会严重影响其情绪反应和情绪调控能力, 使他们在面对功利选项时不能产生强烈的负性情绪体验, 更容易做出收益更高的功利判断. (ii) 眶前额叶(OFC). OFC是杏仁核向大脑皮质输送情绪信息的重要部位. 道德判断能够激活OFC^[15], 尤其是在“有意图”的道德两难情境中受到更多激活^[6]. OFC的损伤

会削弱对情绪性内容的推理^[21]. (iii) 前扣带回(ACC). 研究表明, 与容易的两难问题相比, 被试在进行较难的道德两难问题判断时ACC会显著激活^[5,22]; 与假设情境中的决策相比, 被试在进行引发真实效果的道德决策时ACC也会被激活^[23]. 这是因为困难的和真实的道德情境比简单的和假设的道德情境引发了被试更多的情绪体验. (iv) 杏仁核. 杏仁核是情绪反应和情绪评估的神经回路的核心. 当被试对自己的行为进行道德判断^[24], 或者对道德行动的后果尤其是包括情绪痛苦在内的伤害性刺激进行加工时^[25], 其杏仁核表现出相当剧烈的活动. 并且只有在有明显伤害或主动参与的任务中, 杏仁核才被激活^[23].

2 道德情绪的脑机制

伴随着20世纪80年代的“情感革命”——情绪研究的持续增多, 情绪在道德行为中的作用日益引起研究者的关注. Eisenberg^[26]把内疚、羞耻和移情等在道德行为中具有重要作用的情绪称作道德情绪(moral emotion). 已有研究揭示了移情(empathy)、内疚(guilty)和钦佩(admiration)等道德情绪的脑机制.

2.1 移情的脑机制

移情是产生于对他人情绪状态理解的一种情感性反应, 与他人此时的感受或对既定情境下预期的感受相类似, 或者部分体验到他人的感受^[26]. 对移情的认知神经机制的研究主要集中在认知移情、情感移情和积极移情等方面.

认知移情(cognitive empathy)是对他人情感的理解. 认知移情的核心脑区有二: (i) 腹内侧前额叶(VMPFC). 对脑损伤病人的一系列经颅磁刺激研究发现, VMPFC损伤患者的认知移情能力受损^[27-29]. 对健康被试的研究亦显示, 与理解他人的想法相比, 认知共情更强地激活了左侧VMPFC^[30]. (ii) 颞顶连接处(TPJ). 研究发现, 在对大脑右侧颞顶连接处(rTPJ)进行阴极刺激(抑制)条件下, 个体的认知移情水平会显著降低^[31]. 内侧前额叶(MPFC)和TPJ等部位是心理理论激活的脑区^[32]. 心理理论包括认知心理理论和情感心理理论, 前者是指对他人想法的理解, 后者则是对他人情感的理解. 实际上, 认知移情与心理理论中的情感心理理论的含义相同^[33].

情感移情(emotional empathy)是对他人情感的感

受或替代性分享。情感移情的主要脑区包括: (i) 前扣带回(ACC)和前脑岛(AI)。Singer等人^[34]发现, 与自己接受疼痛刺激相同, 当看到暗示自己爱人正接受疼痛刺激的信号时, 被试的背侧前扣带回(dACC)、AI、脑干和小脑会被激活, 而且dACC和AI的激活程度与其自我报告的移情分数呈正相关。相关研究证实, 情感移情激活了被试的右侧dACC^[35]、顶叶和左后脑岛等躯体感觉皮质^[36,37]。Lamm等人^[38]提出, 疼痛移情是否激活躯体感觉皮质主要与研究范式有关: 相比于线索范式, 图片范式更能激活躯体感觉皮质。他们对疼痛移情脑成像研究的元分析表明, AI和ACC是疼痛移情的核心神经网络。关于移情的习惯化效应的研究也显示, 长时间的痛苦接触会降低AI和背部后扣带回(dPCC)等区域的神经活动^[39]。(ii) 镜像神经系统(MNS)。当看到他人的情绪或自己体验到相同情绪时, MNS都会被激活。研究者发现, 当看到他人愤怒时, 个体的MNS会自动激活, 并通过AI把神经冲动传递给杏仁核, 从而体验到同样的愤怒^[40]。儿童的移情分数与MNS区域的激活程度呈显著正相关($r=0.81$)^[41]。但是, 对移情模仿与MNS关系的元分析显示, 移情模仿能够激活顶下小叶(IPL, 却没有激活额下回(IFG, MNS的主要部位), 且顶上小叶(SPL, 非MNS区域)和额叶都被激活^[42]。Raz等人^[43]的研究表明, 在强烈痛苦的电影片段诱发的情感移情条件下, 被试不仅激活了AI和ACC, 而且同时激活了IFG。情感移情有可能是AI、ACC和MNS等脑区相互作用的结果。

针对以往研究多关注疼痛等领域和消极移情的状况^[44,45], 有研究者提出应该注重对积极移情(positive empathy, 即对他人积极情绪状态的理解和分享)的研究^[46,47]。一方面, 积极移情与消极移情具有某些相同的脑机制。无论是对描述他人积极或消极事件的句子^[45], 还是对他人所处的愉悦或悲伤情境进行移情^[48], 内侧前额叶(MPFC)、颞顶连接处(TPJ)和颞上沟(STS)等脑区均被激活; 无论是对积极事件和消极事件的移情^[48], 还是对积极味觉和消极味觉的移情^[49], 均激活了脑岛。另一方面, 积极移情与消极移情的脑机制存在一定差异。对移情的fMRI研究的元分析表明, 积极移情和消极移情都会激活左侧前脑岛(AI), 而积极移情没有激活右侧AI^[50]。其中的原因可能是, 左侧AI对积极和消极情感都能加工或者只加工积极情感, 右侧AI仅加工消极情感^[51]。

其他研究还发现, 积极移情能够激活大脑的奖赏系统。当知觉愉快面孔时, 被试的海马旁回-中脑-腹侧纹状体回路的激活程度与移情水平呈显著正相关^[52]; 当看到朋友或自己认同的人获得奖励时, 被试的腹侧纹状体也会得到激活^[53,54]; 愉悦触摸体验的移情会激活眶前额叶^[55]。

2.2 内疚的脑机制

内疚是个体意识到自己的真实的或想象的行为造成了不良后果, 并且违背了自我的道德标准而产生的痛苦的负性情绪体验^[56]。内疚的脑区主要集中在: (i) 与心理理论有关的脑区。Kédia等人^[57]采用情境模拟范式考察了内疚等道德情绪的脑机制。虽然该研究并没有确定内疚的特定脑区, 但是发现: 与自我愤怒相比, 内疚、对他人愤怒和同情均激活了双侧腹内侧前额叶(VMPFC)、楔前叶和颞顶连接处(TPJ)。新近研究表明, 当诱发被试的自我内疚感时, 背外侧前额叶(DLPFC)和楔前叶会被激活^[58]; 对他人内疚比对自己内疚更能激活VMPFC和DLPFC^[59,60]。由此推断, 内疚中的自我反省、换位思考和社会比较等认知成分激活的是前额皮层等与心理理论相关的脑区。(ii) 与情绪相关的部位。不仅预期内疚会激活被试的前脑岛(AI)^[61], 而且合作游戏诱发的人际内疚显著激活了背侧前扣带回(ACC)和双侧脑岛^[62]。对强迫症患者的研究发现, 在道义内疚条件下, 被试ACC、脑岛和楔前叶的激活程度会减弱^[63]。这从侧面证实, ACC和脑岛等脑区与内疚关联密切。

2.3 钦佩的脑机制

钦佩是在观察到他人的道德的、值得赞扬的和非凡的行为时产生的积极情绪。它也可被理解为对优秀他人或榜样的一种高度的喜欢和尊敬^[64]。钦佩可分为美德钦佩(admiration for virtue)和能力钦佩(admiration for skill)。美德钦佩是当人们看到他人意想不到的美德行为时所产生的一种温暖的、向上提升的情绪。研究表明, 美德钦佩能够激活后内侧皮层(PMC)的下部和后部(这些部位与前扣带回和中扣带回、脑岛相连, 涉及内感受信息的处理)、前扣带回(ACC)、前岛叶和下丘脑(涉及动态平衡控制), 以及小脑叶^[65]。Englander等人^[66]通过让被试观看诱发性视频考察了美德钦佩的脑机制。结果发现, 美德钦佩诱发了与自我参照加工和内感受性信息加工有关的

脑区,包括内侧前额叶(MPFC)、楔前叶和脑岛。

3 道德的整合性脑机制模型

基于道德现象的心理学和认知神经科学研究新进展,不少研究者尝试将诸多研究成果进行整合,提出了多个重要的整合性脑机制模型。

Greene等人^[67,68]在大量实证研究基础上提出了道德的双过程加工理论(dual-process theory of moral judgment)。该理论认为,道德判断涉及两个不同的加工系统:一个是外显的认知推理过程,与抽象道德原则的习得和遵循有关;另一个则是内隐的情绪动机过程,与社会适应相联系。通常情况下,这两个系统会协同作用以促成道德判断。Greene和Haidt曾将参与道德判断的重要脑区及其主要功能进行了综合分析:(i)腹内侧前额叶(VMPFC):负责加工感觉刺激中的社会性情绪成分,并将情绪信息整合到道德判断中;(ii)后扣带回(PCC)和楔前叶:负责加工与自我有关的情绪刺激,可能与道德判断中情绪性心象的产生有关;(iii)杏仁核:负责社会性情绪的加工,对道德情境诱发的消极情绪尤为敏感,并与奖惩信息的快速编码有关;(iv)前扣带回(ACC)和顶叶下部:负责感知和表征道德情境中的社会性信息;(v)背外侧前额叶(DLPFC):负责道德判断中的抽象推理和逻辑判断,是典型的认知中枢^[69]。

Moll等人^[12]提出了事件-特征-情绪复合模型理论(Event-Feature-Emotion Complexes, EFEC)。该理论包括3个主要成分:(i)结构化的事件知识,负责与背景有关的对事件和时间顺序的表征,比如日常工作、长期目标、制定计划、思考未来以及社会性和情绪性事件知识;其对应的脑区是前额叶(PFC),包括腹内侧前额叶(VMPFC)、背内侧前额叶(DMPFC)和背外侧前额叶(DLPFC)等。(ii)社会知觉和功能特征,涉及对与背景无关的知识理解;社会知觉特征来自他人的面部表情、眼神、语调、身体姿势和手势,对应的脑区是颞上沟(STS)后部;社会功能特征来自不同的社会情境,对应的脑区是颞叶前部(ATL)。(iii)中枢动机状态,体现道德行为的动机和情绪特点;包括下丘脑、杏仁核、隔核、腹侧纹状体、内侧前脑束、腹侧被盖区和旁边缘皮质在内的边缘/旁边缘系统和脑干结构是其脑功能区。

借鉴MacLean^[70]的三重脑理论(Triune Brain Theory),Narvaez^[71]提出了三重道德理论。MacLean^[70]

认为,大脑由三个部分构成:爬虫类脑(reptilian brain),又称“原始脑”或“基础脑”,包括脑干和小脑等;古哺乳类脑(paleomammalian brain),与爬虫类脑同属于旧皮质,包括下丘脑、海马和杏仁核等边缘系统及其相关结构;新哺乳类脑(neomammalian brain),即“理性脑”,包括新皮质和部分皮层下组织。结合新近神经科学成果,Narvaez主张,人类在进化过程中形成的三类道德倾向分别对应于MacLean所说的3个“脑”:(i)安全道德(safety ethic),即通过安全措施、维护个人和内部统治来自我保存。它主要基于与生存相关的本能,而这些本能是所有动物先天所共有的。安全道德的进化水平较低,是一种较为原始的道德表现,其神经基础是爬虫类脑。(ii)卷入道德(engagement ethic),即通过关爱和社会联系与他人发生情绪卷入。许多研究已证实,安全依恋和移情等情绪卷入是道德行为的重要影响因素。卷入道德的神经结构主要是古哺乳类脑。(iii)想象道德(imagination ethic),涉及运用推理能力来适应持续的社会关系。它可以分为公共想象、邪恶想象和离群想象等类型,与新哺乳类脑紧密相连^[71]。

Declerck等人^[72]提出了合作与利他惩罚的脑机制模型。合作决策基于3个系统的共同作用:(i)奖赏系统,计算奖赏的可能性,与之相关的脑区包括腹内侧前额叶(VMPFC)、腹侧纹状体、背侧纹状体、眶前额叶(OFC)等中脑边缘系统;(ii)认知控制系统,对外部诱因进行加工,评估奖赏力度和惩罚等,与之相关的脑区有背外侧前额叶(DLPFC)、外侧眶前额叶(LOFC)和背部前扣带回(ACC)等;(iii)社会认知系统,主要参与理解他人的意图和信念,涉及的脑区包括内侧前额叶(MPFC)、颞顶连接处(TPJ)以及杏仁核等部位。通过这些脑区的活动,认知控制系统和社会认知系统对奖赏系统进行调节,从而产生合作行为。利他惩罚的脑机制模型主要包括3个系统:(i)奖赏系统,激发利他惩罚的动机,其相关脑区是VMPFC和背侧纹状体;(ii)认知系统,做出牺牲自我利益、恢复公平状态的决策,主要涉及DLPFC;(iii)情绪调节系统,调节他人背叛引发的消极情绪,参与的脑区主要是前脑岛(AI)。

4 总结与展望

当前对道德判断和道德情绪脑机制的研究已经取得丰硕成果,并且研究者正积极整合相关成果以

对道德与脑的关系形成深入思考。已有研究不仅揭示了道德心理的认知神经基础和认知-情绪相互作用机制,有力推动了道德心理学的发展,为道德哲学和道德教育提供坚实的实证支持。要解开“大脑是如何建立道德观念的”这一谜题,未来的研究需要在以下方面开展更多工作。

4.1 系统整合已有成果

虽然目前关于道德的脑机制研究进展迅速、成就斐然,可是依然存在不少问题:研究结果零散,多个脑区均参与道德心理过程,很难确定一个独立的“脑区”或神经回路;颞顶连接处(TPJ)、缘上回和扣带回等脑区在许多道德任务中都会被激活,尚不明确在不同道德情境中其激活部位或程度是否存在差异;有些相互矛盾之处亟待进一步探究,比如额下回(IFG)等镜像神经系统(MNS)在移情过程中是否被激活等。这可以看作是人类探究大脑和心理的必经阶段,有其存在的基础。如果能够对如此众多的研究进行合理反思、有效整合,将有助于确证某些理论的客观性,甚至发现新的观点,为今后的研究奠定良好基础。这种整合可以有两种方式:一是尝试建构新的整合性脑机制模型。道德决策的过程既不是低级的社会情绪脑区调节前额叶高级理性过程的自下而上的神经活动,也不是前额叶控制皮层下网络的自上而下的活动过程,而是前额叶、颞叶、边缘系统等许多特定脑区的相互影响和共同作用。因此,研究者可以基于已有模型重新思考道德的脑机制模型。二是采用激活似然性评估(activation likelihood evaluation, ALE)等方法对相关研究进行元分析。例如,新近的元分析研究发现,描述道德两难情境的人称(第一人称还是第三人称)^[73]、任务的性质(道德评价还是道德反应决策)^[74]、不同的道德心理过程(如道德判断与道德敏感性)^[75]等因素会产生不同的脑区激活。

4.2 逐步提高生态效度

无论是道德判断研究采用的道德两难范式,还是道德情绪研究采用的图片范式或线索范式,均属于假设的道德情境,因而不同于真实的社会生活,其生态效度较低。这直接影响到研究结论及其推论。要

增强研究的生态效度,一方面要考虑实验情境与现实生活的接近性。比如,可以把沉浸式虚拟环境(immersive virtual environments)技术引入到道德的神经机制研究中^[76],或者在道德情绪的实验过程中呈现动态的线索和任务^[77]。另一方面要注重人际互动在道德活动中的重要性。真实的道德活动离不开人际互动。当前的社会神经科学研究已经由“人-机”互动逐渐转变为“人-人互动”^[78]。未来研究可以探索同步交互记录(hyperscanning)在道德的脑机制研究中的可能性与适用性。这一方法能够测量互动双方的大脑活动,便于分析他们大脑活动的关联,利于生态效度的提高。

4.3 综合采用多种方法

对道德的脑机制研究大多采用功能性神经影像技术,但这并不意味着它是唯一的方法。与功能性神经影像技术能够提供神经过程的空间信息不同,事件相关电位等电生理方法可以揭示神经过程的时序动态特点。此外,经颅磁刺激方法可以通过刺激相关部位,引发局部的兴奋或抑制,来考察“虚拟性损伤”条件下神经系统的功能变化。因此,今后的道德脑机制研究可以综合采用功能性神经影像技术、事件相关电位和经颅磁刺激等方法,从空间、时间和“损伤”等角度全方面探究道德现象的神经机制。

4.4 丰富拓展研究视角

人类的道德心理和道德行为受到生物和环境等多种因素的影响。研究发现,催产素等激素能够影响移情^[79];个体的道德判断受到催产素受体基因(OXTR)等的影响^[80]。同时,已有研究主要关注道德判断或道德情绪与大脑的关联,而没有深入考察大脑-道德心理-行为三者之间的关联。为能够客观解释人类的道德现象,可以构建激素-基因-脑-环境-行为的多视角模型。这里既能看到道德心理和道德行为的生物学基础,又能够分析生物学因素与环境因素对道德心理和道德行为的交互影响。当然,上述分析不能代替哲学、社会学和文化学对道德的解释。对人类道德意义的探寻需要哲学、社会学、文化学、心理学和认知神经科学等多学科的融合。

致谢 本文得到中国科学院心理研究所傅小兰研究员的指导和帮助,在此表示衷心感谢。

参考文献

- 1 MacIntyre A. *After Virtue*. 3rd ed. Notre Dame: University of Notre Dame Press, 2007
- 2 Moll J, Zahn R, de Oliveira-Souza R, et al. The neural basis of human moral cognition. *Nat Rev Neurosci*, 2005, 6: 799–809
- 3 Roskies A. Neuroethics for the new millennium. *Neuron*, 2002, 35: 21–23
- 4 Greene J D, Sommerville R B, Nystrom L E, et al. An fMRI investigation of emotional engagement in moral judgment. *Science*, 2001, 293: 2105–2108
- 5 Greene J D, Nystrom L E, Engell A D, et al. The neural bases of cognitive conflict and control in moral judgment. *Neuron*, 2004, 44: 389–400
- 6 Borg J S, Hynes C, van Horn J, et al. Consequences, action, and intention as factors in moral judgments: An fMRI investigation. *J Cogn Neurosci*, 2006, 18: 803–817
- 7 Knoch D, Pascual-Leone A, Meyer K, et al. Diminishing reciprocal fairness by disrupting the right prefrontal cortex. *Science*, 2006, 314: 829–832
- 8 Lambon Ralph M A, Pobric G, Jefferies E. Conceptual knowledge is underpinned by the temporal pole bilaterally: Convergent evidence from rTMS. *Cereb Cortex*, 2008, 19: 832–838
- 9 Moll J, de Oliveira-Souza R, Zahn R. The neural basis of moral cognition: Sentiments, concepts, and values. *Ann N Y Acad Sci*, 2008, 1124: 161–180
- 10 Young L, Cushman F, Hauser M, et al. The neural basis of the interaction between theory of mind and moral judgment. *Proc Natl Acad Sci USA*, 2007, 104: 8235–8240
- 11 Young L, Scholz J, Saxe R. Neural evidence for “intuitive prosecution”: The use of mental state information for negative moral verdicts. *Soc Neurosci*, 2011, 6: 302–315
- 12 Samson D, Apperly I A, Chiavarino C, et al. Left temporoparietal junction is necessary for representing someone else’s belief. *Nat Neurosci*, 2004, 7: 499–500
- 13 Young L, Camprodon J A, Hauser M, et al. Disruption of the right temporoparietal junction with transcranial magnetic stimulation reduces the role of beliefs in moral judgments. *Proc Natl Acad Sci USA*, 2010, 107: 6753–6758
- 14 FeldmanHall O, Mobbs D, Dalgleish T. Deconstructing the brain’s moral network: Dissociable functionality between the temporoparietal junction and ventromedial prefrontal cortex. *Soc Cogn Affect Neurosci*, 2014, 9: 297–306
- 15 Moll J, de Oliveira-Souza R, Bramati I E, et al. Functional networks in emotional moral and nonmoral social judgments. *NeuroImage*, 2002, 16: 696–703
- 16 Harenski C L, Hamann S. Neural correlates of regulating negative emotions related to moral violations. *NeuroImage*, 2006, 30: 313–324
- 17 Heekeren H R, Wartenburger I, Schmidt H, et al. An fMRI study of simple ethical decision-making. *Neuroreport*, 2003, 14: 1215–1219
- 18 Moll J, Krueger F, Zahn R, et al. Human fronto-mesolimbic networks guide decisions about charitable donation. *Proc Natl Acad Sci USA*, 2006, 103: 15623–15628
- 19 Anderson S, Bechara A, Damasio H, et al. Impairment of social and moral behavior related to early damage in human prefrontal cortex. *Nat Neurosci*, 1999, 2: 1032–1037
- 20 Koenigs M, Young L, Adolphs R, et al. Damage to the prefrontal cortex increases utilitarian moral judgments. *Nature*, 2007, 446: 908–911
- 21 Goel V, Lam E, Smith K W, et al. Lesions to polar/orbital prefrontal cortex selectively impair reasoning about emotional material. *Neuropsychologia*, 2017, 99: 236–245
- 22 Kahane G, Wiech K, Shackel N, et al. The neural basis of intuitive and counterintuitive moral judgment. *Soc Cogn Affect Neurosci*, 2012, 7: 393–402
- 23 FeldmanHall O, Mobbs D, Evans D, et al. What we say and what we do: The relationship between real and hypothetical moral choices. *Cognition*, 2012, 123: 434–441
- 24 Berthoz S, Grèzes J, Armony J L, et al. Affective response to one’s own moral violations. *NeuroImage*, 2006, 31: 945–950
- 25 Decety J, Michalska K J, Kinzler K D. The contribution of emotion and cognition to moral sensitivity: A neurodevelopmental study. *Cereb Cortex*, 2012, 22: 209–220
- 26 Eisenberg N. Emotion, regulation and moral development. *Annu Rev of Psychol*, 2000, 51: 665–697
- 27 Shamay-Tsoory S G, Aharon-Peretz J. Dissociable prefrontal networks for cognitive and affective theory of mind: A lesion study. *Neuropsychologia*, 2007, 45: 3054–3067
- 28 Shamay-Tsoory S G, Aharon-Peretz J, Perry D. Two systems for empathy: A double dissociation between emotional and cognitive empathy in inferior frontal gyrus versus ventromedial prefrontal lesions. *Brain*, 2009, 132: 617–627
- 29 Lev-Ran S, Shamay-Tsoory S G, Zangen A, et al. Transcranial magnetic stimulation of the ventromedial prefrontal cortex impairs theory of mind learning. *Eur Psychiatry*, 2012, 27: 285–289

-
- 30 Schnell K, Bluschke S, Konradt B, et al. Functional relations of empathy and mentalizing: An fMRI study on the neural basis of cognitive empathy. *NeuroImage*, 2011, 54: 1743–1754
- 31 Mai X, Zhang W, Hu X, et al. Using tDCS to explore the role of the right temporo-parietal junction in Theory of Mind and cognitive empathy. *Front Psychol*, 2016, 7: 380
- 32 Van Overwalle F, Baetens K. Understanding others' actions and goals by mirror and mentalizing systems: A meta-analysis. *NeuroImage*, 2009, 48: 564–584
- 33 Walter H. Social cognitive neuroscience of empathy: Concepts, circuits, and genes. *Emotion Review*, 2012, 4: 9–17
- 34 Singer T, Seymour B, O'Doherty J, et al. Empathy for pain involves the affective but not sensory components of pain. *Science*, 2004, 303: 1157–1162
- 35 Morrison I, Lloyd D, Di Pellegrino G, et al. Vicarious responses to pain in anterior cingulate cortex: Is empathy a multisensory issue? *Cogn Affect Behav Neurosci*, 2004, 4: 270–278
- 36 Benuzzi F, Lui F, Duzzi D, et al. Does it look painful or disgusting? Ask your parietal and cingulate cortex. *J Neurosci*, 2008, 28: 923–931
- 37 Cheng Y, Yang C Y, Lin C P, et al. The perception of pain in others suppresses somatosensory oscillations: A magnetoencephalography study. *NeuroImage*, 2008, 40: 1833–1840
- 38 Lamm C, Decety J, Singer T. Meta-analytic evidence for common and distinct neural networks associated with directly experienced pain and empathy for pain. *NeuroImage*, 2010, 54: 2492–2502
- 39 Preis M A, Kröner-Herwig B, Schmidt-Samoa C, et al. Neural correlates of empathy with pain show habituation effects: An fMRI Study. *PLoS One*, 2015, 10: e0137056
- 40 Carr L, Iacoboni M, Dubeau M C, et al. Neural mechanisms of empathy in humans: A relay from neural systems for imitation to limbic areas. *Proc Natl Acad Sci USA*, 2003, 100: 5497–5502
- 41 Pfeifer J H, Iacoboni M, Mazziotta J C, et al. Mirroring others' emotions relates to empathy and interpersonal competence in children. *NeuroImage*, 2007, 39: 2076–2085
- 42 Molenberghs P, Cunningham R, Mattingley J B. Is the mirror neuron system involved in imitation? A short review and meta-analysis. *Neurosci Biobehav Rev*, 2009, 33: 975–980
- 43 Raz G, Jacob Y, Gonen T, et al. Cry for her or cry with her: Context-dependent dissociation of two modes of cinematic empathy reflected in network cohesion dynamics. *Soc Cogn Affect Neurosci*, 2013, 9: 30–38
- 44 Fan Y, Duncan N W, de Greck M, et al. Is there a core neural network in empathy? An fMRI based quantitative meta-analysis. *Neurosci Biobehav Rev*, 2010, 35: 903–911
- 45 Perry D, Hendler T, Shamay-Tsoory S G. Can we share the joy of others? Empathic neural responses to distress vs joy. *Soc Cogn Affect Neurosci*, 2011, 7: 909–916
- 46 Sallquist J, Eisenberg N, Spinrad T L, et al. Assessment of preschoolers' positive empathy: Concurrent and longitudinal relations with positive emotion, social competence, and sympathy. *J Posit Psychol*, 2009, 4: 223–233
- 47 Morelli S A, Lieberman M D, Zaki J. The emerging study of positive empathy. *Soc Personal Psychol Compass*, 2015, 9: 57–68
- 48 Morelli S A, Lieberman M D. The role of automaticity and attention in neural processes underlying empathy for happiness, sadness, and anxiety. *Front Hum Neurosci*, 2013, 7: 160
- 49 Jabbi M, Swart M, Keysers C. Empathy for positive and negative emotions in the gustatory cortex. *NeuroImage*, 2007, 34: 1744–1753
- 50 Gu X, Hof P R, Friston K J, et al. Anterior insular cortex and emotional awareness. *J Comp Neurol*, 2013, 521: 3371–3388
- 51 Craig A D. Significance of the insula for the evolution of human awareness of feelings from the body. *Ann N Y Acad Sci*, 2011, 1225: 72–82
- 52 Chakrabarti B, Bullmore E T, Baron-Cohen S. Empathizing with basic emotions: Common and discrete neural substrates. *Soc Neurosci*, 2006, 1: 364–384
- 53 Molenberghs P, Bosworth R, Nott Z, et al. The influence of group membership and individual differences in psychopathy and perspective taking on neural responses when punishing and rewarding others. *Hum Brain Mapp*, 2014, 35: 4989–4999
- 54 Varnum M E W, Shi Z H, Chen A T, et al. When “Your” reward is the same as “My” reward: Self-construal priming shifts neural responses to own vs. friends' rewards. *NeuroImage*, 2014, 87: 164–169
- 55 Lamm C, Silani G, Singer T. Distinct neural networks underlying empathy for pleasant and unpleasant touch. *Cortex*, 2015, 70: 79–89
- 56 Tilghman-Osborne C, Cole D A, Felton J W. Definition and measurement of guilt: Implications for clinical research and practice. *Clin Psychol Rev*, 2010, 30: 536–546
- 57 Kédia G, Berthoz S, Wessa M, et al. An agent harms a victim: A functional magnetic resonance imaging study on specific moral emotions. *J Cogn Neurosci*, 2008, 20: 1788–1798
- 58 Fourie M M, Thomas K G, Amodio D M, et al. Neural correlates of experienced moral emotion: An fMRI investigation of emotion in response to prejudice feedback. *Soc Neurosci*, 2014, 9: 203–218

- 59 Morey R A, McCarthy G, Selgrade E S, et al. Neural systems for guilt from actions affecting self versus others. *NeuroImage*, 2012, 60: 683–692
- 60 Basile B, Mancini F, Macaluso E, et al. Deontological and altruistic guilt: Evidence for distinct neurobiological substrates. *Hum Brain Mapp*, 2011, 32: 229–239
- 61 Chang L J, Smith A, Dufwenberg M, et al. Triangulating the neural, psychological, and economic bases of guilt aversion. *Neuron*, 2011, 70: 560–572
- 62 Yu H B, Hu J, Hu L, et al. The voice of conscience: Neural bases of interpersonal guilt and compensation. *Soc Cogn Affect Neurosci*, 2014, 9: 1150–1158
- 63 Basile B, Mancini F, Macaluso E, et al. Abnormal processing of deontological guilt in obsessive-compulsive disorder. *Brain Struct Funct*, 2014, 219: 1321–1331
- 64 Becker B E, Luthar S S. Peer-perceived admiration and social preference: Contextual correlates of positive peer regard among suburban and urban adolescents. *J Res Adolesc*, 2007, 17: 117–144
- 65 Immordino-Yang M H, McColl A, Damasio H, et al. Neural correlates of admiration and compassion. *Proc Natl Acad Sci USA*, 2009, 106: 8021–8026
- 66 Englander Z A, Haidt J, Morris J P. Neural Basis of moral elevation demonstrated through inter-subject synchronization of cortical activity during free-viewing. *PLoS One*, 2012, 7: e39384
- 67 Greene J D. Why are VMPFC patients more utilitarian? A dual-process theory of moral judgment explains. *Trends Con Sci*, 2007, 11: 322–323
- 68 Greene J D, Morelli S A, Lowenberg K, et al. Cognitive load selectively interferes with utilitarian moral judgment. *Cognition*, 2008, 107: 1144–1154
- 69 Greene J D, Haidt J. How (and where) does moral judgment work? *Trends Cogn Sci*, 2002, 6: 517–523
- 70 MacLean P D. *The Triune Brain in Evolution: Role in Paleo Cerebral Functions*. New York: Plenum, 1990
- 71 Narvaez D. Neurobiology and moral mindsets. In: K Heinrichs, F Oser, eds. *Moral and Immoral Behavior: Theoretical and Empirical Perspectives on Moral Motivation*. Rotterdam: Sense Publishers, 2013. 289–307
- 72 Declerck C H, Boone C, Emonds G. When do people cooperate? The neuroeconomics of prosocial decision making. *Brain Cogn*, 2013, 81: 95–117
- 73 Boccia M, Dacquino C, Piccardi L, et al. Neural foundation of human moral reasoning: An ALE meta-analysis about the role of personal perspective. *Brain Imaging Behav*, 2017, 11: 278–292
- 74 Garrigan B, Adlam A L, Langdon P E. The neural correlates of moral decision-making: A systematic review and meta-analysis of moral evaluations and response decision judgements. *Brain Cogn*, 2016, 108: 88–97
- 75 Han H. Neural correlates of moral sensitivity and moral judgment associated with brain circuitries of selfhood: A meta-analysis. *J Moral Educa*, 2017, 46: 97–113
- 76 Pascual L, Gallardo-Pujol D, Rodrigues P. How does morality work in the brain? A functional and structural perspective of moral behavior. *Front Integr Neurosci*, 2013, 7: 65
- 77 Zaki J, Ochsner K N. The neuroscience of empathy: Progress, pitfall and promise. *Nat Neurosci*, 2012, 15: 675–680
- 78 Schilbach L, Timmermans B, Reddy V, et al. Toward a second-person neuroscience. *Behav Brain Sci*, 2013, 36: 393–414
- 79 Hurlmann R, Patin A, Onur O A, et al. Oxytocin enhances amygdala-dependent, socially reinforced learning and emotional empathy in humans. *J Neurosci*, 2010, 30: 4999–5007
- 80 Walter N T, Montag C, Markett S, et al. Ignorance is no excuse: Moral judgments are influenced by a genetic variation on the oxytocin receptor gene. *Brain Cogn*, 2012, 78: 268–273

郭本禹



南京师范大学心理学院教授、博士生导师，教育部人文社科重点研究基地南京师范大学道德教育研究所研究员。主要研究领域为心理学史和道德心理学，撰写我国第一部关于科尔伯格理论与实践的著作。发表研究论文 200 多篇，出版著作、译著等 60 多部。兼任中国心理学会理事、中国社会心理学会理事、全国维果茨基研究会理事，《心理学报》、《心理科学》、《心理学探新》和《心理研究》编委，曾任中国心理学会理论心理学和心理学史专业委员会副主任等。

Summary for “大脑是如何建立道德观念的: 道德的认知神经机制研究进展与展望”

Is morality hardwired into the brain? The recent advances and prospects of cognitive neural mechanism researches of morality

WANG YunQiang & GUO BenYu *

Key Research Institute of Humanities and Social Sciences (Ministry of Education), Research Institute of Moral Education Nanjing Normal University, College of Psychology, Nanjing Normal University, Nanjing 210097, China

* Corresponding author, E-mail: gbypro@163.com

“Is morality hardwired into the brain” is a major problem that have long puzzled philosophers. Since Piaget and Kohlberg, morality gradually comes into the view of psychological research. In the 21st century, morality has become a new growing point of cognitive neuroscience research and moral cognitive neuroscience has emerged. Current moral cognitive neuroscience studies give a preliminary answer to the above puzzle. These studies focus on three aspects: the brain mechanism of moral judgment, the brain mechanism of moral emotion and the integrative brain mechanism models of morality. Moral judgement is a process of individuals’ moral evaluation of their own or others’ behavior according moral principles which is the interaction of cognition and emotion. Therefore, the brain regions of moral judgment not only consist of some brain areas related to cognitive process which include DLPFC, ATL and TPJ, but also involve some brain areas related to emotional process which include VMPFC, OFC, ACC and amygdala. Moral emotions are some complex emotions which arise from moral evaluation of one’s own or others’ behavior and affect the occurrence and change of moral behavior, such as empathy, guilt and admiration, etc. Many studies show that the main brain areas of cognitive empathy are VMPFC and TPJ, and the core brain areas of emotional empathy include ACC, AI and mirror-neuron system. On the one hand, positive empathy has some same brain mechanism with negative empathy, for instance, both of them can activate left AI. On the other hand, there are certain cognitive neuroscience difference between positive empathy and negative empathy. Positive empathy activates the brain reward system, but negative empathy activate the right AI. The brain areas of guilt are mainly in VMPFC, precuneus, TP, ACC and insula. Admiration for virtue can activate posterior PMC, ACC, anterior insula, hypothalamus and folia cerebelli. The main integrative brain mechanism models of morality are dual-process theory of moral judgment, Event-Feature-Emotion Complexes, Triune Brain Theory, and brain mechanism models of cooperation and altruistic punishment. In the point view of dual-process theory of moral judgment, moral judgement which is related to explicit cognitive reasoning process and implicit emotional motivation process needs comprehensive function of VMPFC, PCC, precuneus, amygdala, ACC, inferior parietal cortex and DLPFC. The main components of Event-Feature-Emotion Complexes are structured event knowledge, social perception and functional features, and central motive states. According to Triune Brain Theory, the neural bases of safety ethic, engagement ethic and imagination ethic are reptilian brain, paleomammalian brain and eomammalian brain respectively. Cooperative decision-making is based on the interaction of reward system, cognitive control system and social cognition system. The brain mechanism model of altruistic punishment includes three system: reward, cognition and emotional regulation. Future researches should integrate the existing research results, improve ecological validity gradually, use many methods synthetically, and rich and expand research perspectives.

morality, moral judgment, moral emotion, cognitive neural mechanism

doi: 10.1360/N972017-00555