

# 信任的神经机制——来自认知神经科学的证据

史燕伟<sup>1</sup>, 徐富明<sup>2</sup>, 余壮<sup>1</sup>, 马红宇<sup>1</sup>, 张慧<sup>1</sup>

(1.华中师范大学心理学院, 青少年网络心理与行为教育部重点实验室, 武汉 430079; 2.江西师范大学心理学院, 南昌 330022)

**【摘要】** 信任(trust)是个体基于对他人意图和行为的积极预期, 自愿使自己处于易被对方伤害的地位的一种心理状态。来自认知神经科学的证据表明, 信任的产生与诸多脑区和激素有关。信任博弈过程中涉及的相关激素包括催产素和睾丸酮, 相关脑区包括杏仁核、脑岛和腹内侧前额叶。未来可从拓展信任神经机制的研究方法、提升信任博弈研究范式的外部效度、探究心理障碍个体的信任行为及其神经机制三个方面展开进一步的探究。

**【关键词】** 信任; 催产素; 睾丸酮; 杏仁核; 脑岛; 腹内侧前额叶

中图分类号: R395.1

DOI: 10.16128/j.cnki.1005-3611.2017.06.017

## The Neural Mechanism of Trust—Evidence from Cognitive Neuroscience

SHI Yan-wei<sup>1</sup>, XU Fu-ming<sup>2</sup>, SHE Zhuang<sup>1</sup>, MA Hong-yu<sup>1</sup>, ZHANG Hui<sup>1</sup>

<sup>1</sup>School of Psychology, Central China Normal University; Key Laboratory of Adolescent Cyber Psychology and Behavior(CCNU), Ministry of Education, Wuhan 430079, China;

<sup>2</sup>School of Psychology, Jiangxi Normal University, Nanchang 330022, China

**【Abstract】** Trust is a psychological state that individuals are vulnerable by others voluntarily, based upon a positive expectation of others' intention and behavior. Evidence from cognitive neuroscience suggested that the shape of trust is connected with a large number of brain areas and hormone. Hormone such as oxytocin, testosterone and brain areas such as amygdala, insula, vmPFC are also influenced each other in the process of trust game. Further researches are expected to further develop the research method of trust neural mechanism, and improve the external validity of trust game. What's more, researchers should also pay close attention to the trust behavior and neural mechanisms of psychologically-disorder individual, as well as the differences between them and normal people.

**【Key words】** Trust; Oxytocin; Testosterone; Amygdala; Insula; Ventromedial prefrontal cortex

信任(Trust)是指人们基于对他人意图、行为的积极预期, 心甘情愿使自己处于易被对方伤害的地位的一种心理状态<sup>[1]</sup>。信任在人们的生活中具有举足轻重的作用。它是家庭和组织中不可或缺的要素, 且在经济和政治领域中扮演着重要的角色<sup>[2]</sup>。

有关信任的研究常采用信任博弈范式(Trust Game)<sup>[3]</sup>。除经典信任博弈范式以外, 研究者还发展出了信任博弈的变式以满足不同的研究目的。例如, 重复信任博弈范式(Repeated Trust Game)和3位博弈者的研究范式(Three-player Trust Game)等<sup>[4,5]</sup>。

有关信任博弈的研究表明, 大约50%的委托人会把自己得到的一部分资金分给受托人, 且大约75%的受托人会在收到委托人的资金后返还一部分给委托人<sup>[6]</sup>。而理性人假设认为委托人不会分给受托人资金, 同样受托人也不会返还资金给委托人。信任博弈的结果与理性人假设不符, 这引起了研究者从认知神经科学的角度探讨信任的神经机制。从认知神经科学的角度研究信任的神经机制, 能够更深入地揭示信任的产生根源与形成过程, 有助于加深我们对信任的理解。

**【基金项目】** 国家自然科学基金面上项目(71571083)资助

徐富明为共同第一作者

并列通讯作者: 徐富明, fumingxu@126.com; 马红宇, mahy@mail.ccnu.edu.cn

基于此, 本文从认知神经科学的角度详细阐述信任的神经机制, 并基于当前研究的不足提出对未来研究的展望。

## 1 信任的神经机制

近年来, 随着认知神经科学和相关技术的日趋成熟, 信任的神经机制也逐渐被研究者所揭示。基于以往研究, 本文主要从激素(催产素、睾丸酮)和脑区(杏仁核、脑岛)两个方面介绍信任的神经机制。

### 1.1 催产素

催产素(Oxytocin, OT)是一种哺乳动物激素, 由大脑下视丘“室旁核”与“视上核”神经元所自然分泌。由于OT在促进信任中具有至关重要的作用, 故又称“道德分子”(the Moral Molecule)<sup>[7]</sup>。

Kosfeld等人<sup>[8]</sup>首次阐明了OT对信任行为的促进作用。实验发现, 在信任博弈中, 相比于安慰剂组, 注射OT组的投资者会投资更多的钱给对方。同样, Merolla等人<sup>[9]</sup>也证实了此结论。实验中将被试随机分到OT组和安慰剂组, 结果发现, OT不仅影响人际信任, 而且影响个体对政府的信任。并且Merolla等人<sup>[9]</sup>的研究还发现OT对初始信任水平较低的个体影响更大。虽然研究者一致认为OT促进信任行为, 但是OT却不促进盲目的信任。因为当线索表明他人不值得信任时, OT对信任是不起作用的<sup>[10]</sup>。此外, 研究发现, 催产素受体

基因的多态性(Oxytocin Receptor Genetic Variation)与信任有着密切的关系<sup>[11,12]</sup>。如,Krueger等人<sup>[11]</sup>发现,OXTR rs53576与信任行为有着密切的关系,且G等位基因携带者比A等位基因携带者表现出更多的信任行为。同样,Nishina等人<sup>[12]</sup>发现,即便控制了个体的人格特征因素,G等位基因的男性比A等位基因的男性仍表现出更高水平的信任。但这种差异对于女性而言却不存在。

OT能够促进投资者的信任行为,但对于OT与受托者的可信赖行为(Trustworthy)之间的关系以及OT对信任的影响是否存在性别差异仍存在争议。例如,Kosfeld等人<sup>[8]</sup>的研究表明,相比于安慰剂组,OT组投资者的投资数额增加了20%;而安慰剂组和OT组受托者的返还数额不存在差异。这表明OT影响投资者的信任行为,但对受托者的信赖行为不产生显著作用。然而有研究者得出与此不同的结论。如,Zak等人<sup>[13]</sup>让被试参与到零交流的社会困境(Social Dilemma)中,且将受托者分在收到信任信号组和收到随机金钱组。结果表明,OT对收到信任信号组受托者的信任行为的影响远远大于收到随机金钱组。并且还发现,OT与可信赖行为之间存在正相关。而且,Zak等人<sup>[14]</sup>进一步验证了高OT水平与可信赖行为之间紧密相关。Zak等人<sup>[13]</sup>认为Kosfeld等人的研究之所以发现高OT水平的受托者没有表现出可信赖行为可能是因为,这些个体的催产素受体位于错误的脑区内,例如没有调节多巴胺的释放或者受体异常。此外,Yao等人<sup>[15]</sup>的实验中将被试分为OT组和安慰剂组,探讨OT对信任的影响是否存在性别差异。结果表明,相对于女性被试,OT使得男性被试对信任的违背表现出更多的原谅。然而,Theodoridou等人<sup>[16]</sup>却得出了不同的结论。他们采用双盲实验,并设置安慰剂组,旨在探索OT是否能够提升人们感知到的面部信任。结果表明,OT确实在增加人们感知到的面部信任上起作用,但是这种作用并不存在性别差异。之所以会出现上述矛盾的结论,可能是因为研究侧重点不同造成的。如Yao等人<sup>[15]</sup>研究的重点是男女在面对信任违背时的反应是否存在差异,而Theodoridou等人<sup>[16]</sup>探讨的则是男女对面面信任的感知上是否存在差异。

研究表明OT通过三种途径对信任行为产生作用<sup>[8]</sup>。首先,OT有可能造成人们亲社会行为的整体提高。若是如此,OT不仅影响投资者的信任行为,而且能够提高受托人的可信赖行为。但是上文讲到关于OT是否提高受托人的可信赖行为还存在争议。因此,OT是否有助于提高亲社会行为还有待进一步研究。其次,OT对信任的影响可能基于被试的信念(Belief)之上。OT可能使被试对于出现好结果的可能性更加乐观。未来研究可通过操纵被试对于事情的信念来验证此说法。最后,OT有可能是通过帮助被试克服社会交往中的背叛规避而达到提高信任行为的目的。

## 1.2 睾酮

睾酮(Testosterone)是一种雄性激素,对社会认知过程有着强有力的调节作用<sup>[17]</sup>,且在社会决策中扮演着重要的角色,例如高睾酮水平的男性在最后通牒博弈中更有可能拒绝不公平的提议<sup>[18]</sup>。

近年来,研究者开始关注睾酮对信任的影响。例如,Bos等人<sup>[19]</sup>在实验中设置了睾酮组和安慰剂组,在被试注射睾酮以后,询问他们对照片中人的信任水平。结果发现,相对于安慰剂组,睾酮组被试对于照片上人的信任水平较低。这说明睾酮能够显著地降低人们的信任水平。此外,Boksem等人<sup>[20]</sup>发现在信任博弈中,睾酮使投资者变得更加不信任受托人,且提高了投资标准。与之相反的是,睾酮使得受托人的返还数额增加,且变得更加值得信赖。研究表明,注射睾酮能够提升人们对于社会威胁的警觉<sup>[21]</sup>。这表明,睾酮降低人们对他人的信任水平可能与高睾酮水平使得个体处于竞争和冒险状态有关。同样,Boksem等人<sup>[22]</sup>采用双盲随机对照设计探索注射睾酮对信任和互惠的影响。结果发现,注射0.5毫克的睾酮则会降低个体的信任水平,但提高了在返还资金给提议者时的慷慨水平,即可信赖程度增加。这说明在个体面临社会挑战和威胁时,睾酮可能会增加竞争性的、攻击性的和反社会的行为;然而,在缺少威胁时,睾酮则可能促进亲社会行为的发生。

研究表明,睾酮对信任的影响也存在性别差异。如,Zak等人<sup>[14]</sup>发现,男性在面对不信任时,其双氢睾酮(dihydrotestosterone, DHT)的水平上升。而这种现象在女性身上则不存在。研究表明,无论对人类还是动物而言,睾酮与攻击性之间有着密切联系<sup>[23]</sup>。这表明,男性在面对不信任时会有攻击反应,而女性则不存在。此外,Carré等人<sup>[24]</sup>发现,注射睾酮能够预测被试对于面部带有中性情绪的个体的信任水平。结果表明,随着睾酮的提高,男性被试对他人面部的信任水平降低。而这一结论并不适用于女性。这可能是因为相对于男性而言,女性自身的睾酮水平较低所致。

综上所述,OT和睾酮对信任均产生影响,而且存在性别差异。未来研究应进一步探索人格特征、意识形态、种族等变量在OT和睾酮影响信任过程中的作用。

## 1.3 杏仁核

杏仁核(Amygdala)在社会和情绪评估中被激活<sup>[25]</sup>。研究表明,杏仁核在信任决策过程中具有重要作用。例如,Winston等人<sup>[26]</sup>探讨了面部信任的评估与杏仁核激活间的关系。功能性磁共振成像(functional Magnetic Resonance Imaging, fMRI)的分析结果发现,在信任博弈过程中,被试评估他人面部的信任水平时其杏仁核会激活,特别是随着被试对他人面部的不信任程度增加时,杏仁核的激活程度有所增强。Engell等人<sup>[27]</sup>采用fMRI探讨与信任相关的脑区时发现,当人们决定是否信任他人时会无意识且自动地激活杏仁核。这些研究说明,在面对不值得信任的个体时,人们的杏仁核会被激活。然而,Said等人<sup>[28]</sup>却发现杏仁核的激活程度与信任水平之间存在非线性的关系。其研究发现,人们在评估高水平的值得信任的面孔和高水平的不值得信任的面孔时,其杏仁核均被较高程度地激活。这说明,杏仁核的激活程度与信任之间的关系并非简单的线性关系。此外,当杏仁核受损时,人们通常表现出不正常的信任行为。如,Koscik和Tranel<sup>[29]</sup>的研究发现,杏仁核单侧受损的被试在三轮信任博弈中仁慈行为显著增加,特别是对于背叛,被试的信任行为有所增

加。这说明执行预警功能的杏仁核受损降低了个体防范他人的警惕性。

研究表明,信任与杏仁核之间的关系受到年龄的调节<sup>[30-31]</sup>。例如,Mende-Siedlecki等人<sup>[31]</sup>的研究表明,对于成年人而言,右侧杏仁核的激活与不信任行为呈正相关。而这种关系在未成年人身上体现的并不明显。Kragel等人<sup>[32]</sup>采用事件相关电位法(Event-related potentials, ERP)检验信任激活的脑区是否存在年龄差异。结果发现,被试在评估不值得信任的面孔时均会激活杏仁核,但杏仁核的激活和不信任之间的关系在青少年中期达到顶峰。

## 1.4 脑岛

脑岛(Insula)与人类的多种情绪加工有关,例如厌恶、焦虑等。研究表明,信任决策过程与脑岛有着密切的关系。例如,Winston等人<sup>[26]</sup>通过fMRI研究发现,当对他人面部的不信任程度增加时,脑岛会被更大程度地激活。同样,Kragel等人<sup>[32]</sup>的研究也发现,相比于评估值得信任的他人时,个体将他人评估为不值得信任时会激活前脑岛(Anterior Insula, AI)。van den Bos等人<sup>[33]</sup>发现,在信任博弈中,相比于互惠行为,对于信任的背叛使得个体的左前脑岛(left Anterior Insula, left AI)得到更大程度的激活。该研究还发现,具有亲社会倾向的被试在他人违背信任时,其脑岛的激活程度更强烈;而具有亲自我(Proself)倾向的个体在信任得到回报时脑岛才会被激活。此外,研究表明,在网购行为中,当人们对不信任进行加工时更多地激活与感知不确定性有关的脑岛<sup>[34]</sup>。综上所述,相比于信任,个体在不信任情境下其脑岛会被更大程度地激活。

然而,Haas等人<sup>[35]</sup>却得出与前人不同的结论。实验中招募了82名健康被试,检验个体对于信任的倾向不同时所激活的脑区。结果发现,那些倾向于信任他人的个体其脑岛的激活程度更高。此外,Bos等人<sup>[36]</sup>发现,被试评估值得信任的面孔时AI得到高度激活。这表明,相比于具有不信任倾向的个体,具有信任倾向的个体的脑岛更易被激活。这一结论与前人研究相矛盾可能是由于研究内容的差异所致。例如,前人的研究大多针对的是对他人面部信任评估时相关脑区的激活情况,而后者探讨的则是个体间信任倾向不同时所激活的脑区。

研究表明,当脑岛受损时人们会表现出不正常的信任行为。如,Belfi等人<sup>[37]</sup>发现,脑岛受损的个体在表达信任时出现了异常情况:当他们作为投资者时表现的过于仁慈,但作为受托人时却很容易违背对方的信任。Belfi等人<sup>[37]</sup>认为可能是因为脑岛有助于识别决策过程中的风险和社会准则的违背,而脑岛受损的个体则不能正确地判断事情的风险程度和社会准则,从而导致上述异常情况的出现。由此可知,脑岛在信任博弈中具有重要作用。此外,Castle等人<sup>[38]</sup>发现脑岛与信任间的关系也受到年龄的影响。结果表明,成年人在评估不值得信任的面孔时其AI脑区激活程度较高,但是这种现象在老年人身上却没有出现。

## 1.5 腹内侧前额叶

腹内侧前额叶(Ventromedial Prefrontal Cortex, vmPFC)参

与价值的评估和社会决策,其在人际决策、情绪管理以及奖励过程中经常被激活<sup>[39-41]</sup>。

研究表明,在信任博弈中,vmPFC的激活与互惠、合作以及信任有着密切的关系<sup>[42,43]</sup>。例如,Haas等人<sup>[35]</sup>检验了个体的信任倾向与vmPFC之间的关系。结果发现,个体的信任倾向与vmPFC区域内灰质体积之间呈正相关。这说明vmPFC与信任水平有着密切的联系。而vmPFC受损则会导致不正常的决策行为。Moretto等人<sup>[44]</sup>探讨了vmPFC受损对个体决策的影响。实验中的被试包括vmPFC受损的病人和作为控制组的健康被试。这些被试均要完成信任博弈和风险博弈。结果发现,vmPFC受损被试的投资不受对手类型(人和电脑)的影响,而且其无论是在信任博弈还是风险博弈中均表现出风险偏好。相反,健康被试则更不愿意投资和冒险。当vmPFC受损被试作为受托者时会表现出更少的互惠行为。这表明vmPFC在信任决策中起到至关重要的作用。

信任过程中所涉及的脑区除了上述以外,还包括前内侧前额叶(Anterior Medial Prefrontal Cortex, amPFC)、前扣带回(Anterior Cingulate Cortex, ACC)和纹状体(Striatum)等。例如,研究发现,相比于信任博弈中的互惠,当被试遭到背叛时其amPFC、ACC的激活程度更高<sup>[33]</sup>。而且,Riedl等人<sup>[34]</sup>发现女性在网络信任中激活的脑区包括ACC、丘脑(Thalamus)、纹状体(Striatum)等,男性在此过程中却只激活了ACC和侧前额叶这两个脑区。这说明,男女在加工他人是否值得信赖时会激活不同的脑区,而且女性比男性激活更多的脑区。

## 2 局限与展望

目前对信任的神经机制的研究已经取得了丰硕的研究成果,但仍然存在局限性,未来可从以下几个方面进行深入探索。

首先,近年来,研究者采用fMRI、ERP及眼动等技术探讨信任的神经机制,但诸多研究只是单一地采用某一种方法探讨信任的神经机制,而没有将这些技术整合起来。这使得我们不能全面且充分地了解信任激活的脑区和激素之间的关系。脑区之间及脑区和激素之间可能互相影响。例如,易嘉龙等人<sup>[45]</sup>发现,杏仁核与多个脑区之间特别是与额上回、额中回的功能连接增强了男性精神分裂症患者的攻击行为。因此,未来研究可采用多种技术方法探讨信任的神经机制,进一步了解信任涉及的脑区和激素之间的关系。此外,未来研究者可采用多导生理记录仪探讨人们在信任博弈过程中皮肤电、心率等指标的变化。并将多导生理记录仪的结果与fMRI、ERP等结果进行对比、整合,以期更加全面地揭示信任的神经机制。

其次,当前有关信任的神经机制的研究主要采用信任博弈范式及其变式。虽然信任博弈及其变式是决策研究中常用的研究范式,但仍存在一些不足。例如,博弈的轮数较少降低了结果的可信度,并且信任博弈不能较好地再现日常生活中的真实情景。此外,有关信任博弈的实验研究采用的多是虚拟货币,即使是真实货币,被试在实验结束时得到的并非博弈中获得的全部资金,这使得被试所表现的信任行为

与真实情况有所差异。因此,信任博弈范式的生态效度有待进一步提升。此外,采用信任博弈范式在一定程度上限制了研究主题和方法。因为信任博弈范式是根据委托人是否分钱给受托人,以及受托人是否返还金钱给委托人来判断他们是否值得信任。这使得采用此范式的研究局限于金钱分配情境。因此,建议未来研究拓展有关信任的研究范式,把信任的神经机制的研究延伸至其他信任情境。

最后,以往研究大多是以正常人群为被试,但事实上,除了对正常人群信任进行研究外,研究者还应关注心理障碍个体的信任行为及其神经机制。这将有助于拓展有关信任神经机制的研究范围。有研究者已经开始关注这一问题,例如,Ebert等人<sup>[46]</sup>探索了OT对BPD(Borderline Personality Disorder)患者的影响。实验中,BPD患者和正常被试被分为OT组和安慰剂组。结果发现,相比于安慰剂组,OT组的BPD患者的信任水平降低;而对于正常被试而言结果恰恰相反。这说明OT提高信任水平这一结论并不适用于所有人群。由此可知,具有心理障碍的个体其信任行为与正常人存在差异,且其神经机制也有可能与正常人不同。因此,未来研究有必要进一步探索具有心理障碍个体的信任行为及其神经机制。

#### 参 考 文 献

- 1 Rousseau DM, Sitkin SB, Burt RS, et al. Not so different after all: A cross-discipline view of trust. *Academy of Management Review*, 1998, 23(3): 393-404
- 2 Zak PJ, Kurzban R, Matzner WT. Oxytocin is associated with human trustworthiness. *Hormones and Behavior*, 2005, 48(5): 522-527
- 3 Berg J, Dickhaut J, McCabe K. Trust, reciprocity, and social history. *Games and Economic Behavior*, 1995, 10(1): 122-142
- 4 Luke A. Documenting Reproduction and Inequality: Revisiting Jean Anyon's "Social Class and School Knowledge". *Curriculum Inquiry*, 2010, 40(1):167-182
- 5 Sheremeta RM, Zhang J. Three-Player Trust Game with Insider Communication. *Economic Inquiry*, 2014, 52(2): 576-591
- 6 Grimes K. To trust is human. *New Scientist*, 2003, 178 (2394): 32-7
- 7 Zak PJ. *The moral molecule: The source of love and prosperity*. Random House, 2012
- 8 Kosfeld M, Heinrichs M, Zak PJ, et al. Oxytocin increases trust in humans. *Nature*, 2005, 435(7042): 673-676
- 9 Merolla JL, Burnett G, Pyle KV, et al. Oxytocin and the biological basis for interpersonal and political trust. *Political Behavior*, 2013, 35(4): 753-776
- 10 Mikolajczak M, Pinon N, Lane A, et al. Oxytocin not only increases trust when money is at stake, but also when confidential information is in the balance. *Biological Psychology*, 2010, 85(1): 182-184
- 11 Krueger F, Parasuraman R, Iyengar V, et al. Oxytocin Receptor Genetic Variation Promotes Human Trust Behavior. *Frontiers in Human Neuroscience*, 2012, 6(4): 4
- 12 Nishina K, Takagishi H, Inoue-Murayama M, et al. Polymorphism of the oxytocin receptor gene modulates behavioral and attitudinal trust among men but not women. *PLoS One*, 2015, 10(10): e0137089
- 13 Zak PJ, Kurzban R, Matzner WT. The neurobiology of trust. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 2004, 1032 (1): 224-227
- 14 Zak PJ, Borja K, Matzner WT, et al. The neuroeconomics of distrust: sex differences in behavior and physiology. *American Economic Review*, 2005, 360-363
- 15 Yao S, Zhao W, Cheng R, et al. Oxytocin makes females, but not males, less forgiving following betrayal of trust. *International Journal of Neuropsychopharmacology*, 2014, 17(11): 1785-1792
- 16 Theodoridou A, Rowe AC, Penton-Voak IS, et al. Oxytocin and social perception: oxytocin increases perceived facial trustworthiness and attractiveness. *Hormones and Behavior*, 2009, 56(1): 128-132
- 17 McCall C, Singer T. The animal and human neuroendocrinology of social cognition, motivation and behavior. *Nature Neuroscience*, 2012, 15(5): 681-688
- 18 Burnham TC. Engineering altruism: A theoretical and experimental investigation of anonymity and gift giving. *Journal of Economic Behavior & Organization*, 2003, 50(1): 133-144
- 19 Bos PA, Terburg D, van Honk J. Testosterone decreases trust in socially naive humans. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2010, 107(22): 9991-9995
- 20 Boksem MAS, Mehta PH, Den Bergh BV, et al. The impact of testosterone administration on trust, risk, betrayal, and reciprocity, 2012
- 21 Terburg D, Aarts H, van Honk J. Testosterone affects gaze aversion from angry faces outside of conscious awareness. *Psychological Science*, 2012: 0956797611433336
- 22 Boksem MAS, Mehta PH, Van den Bergh B, et al. Testosterone inhibits trust but promotes reciprocity. *Psychological Science*, 2013, 24(11): 2306-2314
- 23 Book AS, Starzyk KB, Quinsey VL. The relationship between testosterone and aggression: A meta-analysis. *Aggression and Violent Behavior*, 2001, 6(6): 579-599
- 24 Carré J M, Baird-Rowe CD, Hariri AR. Testosterone responses to competition predict decreased trust ratings of emotionally neutral faces. *Psychoneuroendocrinology*, 2014, 49: 79-83
- 25 Costafreda SG, Brammer MJ, David AS, et al. Predictors of amygdala activation during the processing of emotional stimuli: a meta-analysis of 385 PET and fMRI studies. *Brain Research Reviews*, 2008, 58(1): 57-70

- 26 Winston JS, Strange BA, O'Doherty J, et al. Automatic and intentional brain responses during evaluation of trustworthiness of faces. *Nature Neuroscience*, 2002, 5(3): 277-283
- 27 Engell AD, Haxby JV, Todorov A. Implicit trustworthiness decisions: automatic coding of face properties in the human amygdala. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 2007, 19(9): 1508-1519
- 28 Said CP, Baron SG, Todorov A. Nonlinear amygdala response to face trustworthiness: contributions of high and low spatial frequency information. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 2009, 21(3): 519-528
- 29 Koscik TR, Tranel D. The human amygdala is necessary for developing and expressing normal interpersonal trust. *Neuropsychologia*, 2011, 49(4): 602-611
- 30 Rule NO, Krendl AC, Ivcevic Z, et al. Accuracy and consensus in judgments of trustworthiness from faces: Behavioral and neural correlates. *Journal of Personality and Social Psychology*, 2013, 104(3): 409
- 31 Mende-Siedlecki P, Said CP, Todorov A. The social evaluation of faces: a meta-analysis of functional neuroimaging studies. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 2013, 8(3): 285-299
- 32 Kragel PA, Zucker NL, Covington VE, et al. Developmental trajectories of cortical-subcortical interactions underlying the evaluation of trust in adolescence. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 2014: nsu050
- 33 van den Bos W, van Dijk E, Westenberg M, et al. Changing brains, changing perspectives the neurocognitive development of reciprocity. *Psychological Science*, 2011, 22(1): 60-70
- 34 Riedl R, Hubert M, Kenning P. Are there neural gender differences in online trust? An fMRI study on the perceived trustworthiness of eBay offers. *Mis Quarterly*, 2010, 34(2): 397-428
- 35 Haas BW, Ishak A, Anderson IW, et al. The tendency to trust is reflected in human brain structure. *Neuroimage*, 2015, 107: 175-181
- 36 Bos PA, Hermans EJ, Ramsey NF, et al. The neural mechanisms by which testosterone acts on interpersonal trust. *NeuroImage*, 2012, 61(3): 730-737
- 37 Belfi AM, Koscik TR, Tranel D. Damage to the insula is associated with abnormal interpersonal trust. *Neuropsychologia*, 2015, 71: 165-172
- 38 Castle E, Eisenberger NI, Seeman TE, et al. Neural and behavioral bases of age differences in perceptions of trust. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2012, 109(51): 20848-20852
- 39 Cloutier J, Gyurovski I. Ventral medial prefrontal cortex and person evaluation: Forming impressions of others varying in financial and moral status. *NeuroImage*, 2014, 100: 535-543
- 40 Kim K, Johnson MK. Activity in ventromedial prefrontal cortex during self-related processing: positive subjective value or personal significance? *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 2015, 10(4): 494-500
- 41 Silvers JA, Wager TD, Weber J, et al. The neural bases of uninstructed negative emotion modulation. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 2015, 10(1): 10
- 42 Cooper JC, Kreps TA, Wiebe T, et al. When giving is good: ventromedial prefrontal cortex activation for others' intentions. *Neuron*, 2010, 67(3): 511-521
- 43 Sakaiya S, Shiraito Y, Kato J, et al. Neural correlate of human reciprocity in social interactions. *Frontiers in Neuroscience*, 2013, 7: 239
- 44 Moretto G, Sellitto M, di Pellegrino G. Investment and repayment in a trust game after ventromedial prefrontal damage. *Frontiers in Human Neuroscience*, 2013, 7: 593
- 45 易嘉龙, 王小平, 廖坚, 等. 男性攻击性精神分裂症患者杏仁核功能连接的磁共振研究. *中国临床心理学杂志*, 2009, 17(6): 669-671
- 46 Ebert A, Kolb M, Heller J, et al. Modulation of interpersonal trust in borderline personality disorder by intranasal oxytocin and childhood trauma. *Social Neuroscience*, 2013, 8(4): 305-313

(收稿日期:2017-04-10)