

社会交流中人际神经同步的认知机制*

张 曼¹ 刘欢欢^{**1,2}

(¹ 辽宁师范大学脑与认知神经科学研究中心, 大连, 116029)

(² 北京师范大学心理学部应用实验心理北京市重点实验室, 北京, 100875)

摘 要 近年来,许多研究者开始关注社会交流中的人际神经同步机制,并将人际神经同步作为研究社会交流的一个神经指标,这对于揭示社会交流的本质和规律具有重要意义。本文从心理理论和镜像神经系统的角度,分析社会交流中神经同步的认知机制及其影响因素。未来的研究应关注这两套机制是否因交流目的、对象、形式或内容的不同,而在不同的脑区表现出神经同步,进而引发了不同认知机制的争议;以及这两套机制各自或协同工作适用的情景和任务。

关键词 人际神经同步 心理理论 镜像神经系统 影响因素

在日常生活中两个人一块走路步伐趋于一致,鼓掌时频率趋于一致,讲话的语速也会与同伴趋于一致,这种同伴之间言行逐渐趋于一致的现象我们称为行为同步 (behavioral synchronization) (Dumas, Lachat, Martinerie, Nadel, & George, 2011)。伴随着行为同步的神经活动是怎样的呢? Wilson 和 Wilson (2005) 根据个体间的互动谈话提出了一个设想:在谈话过程中,倾听者大脑中的一些震荡 (oscillation) 是由说话者相应的震荡引起的,脑震荡相互作用的过程中,两个大脑会变得同步。研究者们称之为人际神经同步 (interpersonal neural synchronization, INS) (Cheng, Li & Hu, 2015; Kawasaki, Yamada, Ushiku, Miyauchi, & Yamaguchi, 2013; Osaka, Minamoto, Yaoi, Azuma, & Osaka, 2014), 并将其作为研究社会交流的一个神经指标 (Cui, Bryant, & Reiss, 2012; Jiang et al., 2015; Saito et al., 2010; Tanabe et al., 2012)。该指标通常使用以下几种方法计算:相干性 (coherence, COH); 偏定向相干性 (partial directed coherence, PDC), 小波变换相干性 (wavelet transform coherence, WTC) 和相位同步性 (phase synchrony) (Cui et al., 2012; Lindenberger, Li, Gruber, & Müller, 2009; Jiang et al., 2012; Yun, Watanabe, & Shimojo, 2012), 这些指标的取值范围是 0~1, 值越大表示同步性越高 (Burgess, 2013)。本文将结合社会认知的双重机制假说, 总

结一些人际神经同步的研究结果及其影响因素,进而揭示社会交流中潜在的神经机制,并据此提出未来值得研究的问题。

1 社会认知的双重机制假说

研究者根据神经科学领域关于社会认知的主要发现和理论假设,提出了社会认知的双重机制假说 (Muthukumaraswamy & Johnson, 2007): 镜像神经系统和心理理论。

1.1 镜像神经系统

镜像系统假说源自恒河猴脑中 F5 区镜像神经元的发现,该神经元在猴子自己做出某一特定动作或观察其他个体执行相同动作时,均产生放电现象 (Rizzolatti, Fadiga, Gallese, & Fogassi, 1996)。这说明镜像神经元可能是模仿或者阐述他人想法、意图的关键元素。后来,神经科学家们通过脑成像技术,确定了人类大脑皮层也存在功能相同或类似的脑区,称为“镜像神经系统” (mirror neural system)。根据 van Overwalle 和 Baetens (2009) 的元分析结果,镜像系统包括顶内沟前侧、颞上沟和前运动皮质。镜像神经系统通过把动作知觉和动作执行进行匹配,使得观察者通过知觉他人的行为,激活执行这一动作的神经环路,产生对他人动作的具身模拟,因而可以直接掌控他人的行为意图。

* 本研究得到国家自然科学基金青年项目 (31700991)、辽宁省自然科学基金项目 (20170540579) 和应用实验心理北京市重点实验室开放性课题的资助。

** 通讯作者: 刘欢欢。E-mail: abcde69503@126.com

DOI: 10.16719/j.cnki.1671-6981.20180219

然而,有研究发现一些情况是该系统不能解释的,如患有默比优斯(Mobius)综合症的病人,他们天生脸部瘫痪,从未能做出任何面部表情,即不具备这样的镜像系统,但是他们能很容易地识别以及理解他人的面部表情(Calder et al., 2000);再比如,我们能理解宠物的一些动作(如狗摇尾巴表示开心),但我们也不存在这样的镜像神经系统。这说明除了镜像神经系统外,人类必然还具有其他机制处理这些社会认知信息,这就引出了社会认知双重机制假说的第二套机制,基于语义或推理分析理解他人,即心理理论。

1.2 心理理论

1978年, Premack 和 Woodruff (1978) 提出“心理理论”(theory of mind)的概念,认为个体可以通过社会认知能力或社会推理系统,推测他人言行背后的心理,并据此解释和预测他人的言行。20世纪90年代中期,心理理论的研究扩展到认知神经科学领域,这些研究通常使用故事、漫画、一系列图片或者动态的几何图像为实验材料(Brunet, Sarfati, Hardy-Baylé, & Decety, 2000; Castelli, Happé, Frith, & Frith, 2000; Gallagher, Jack, Roepstorff, & Frith, 2002),考察被试推断他人心理的能力。随后,认知神经科学又提供了另一种实验方法,让被试完成策略性的经济游戏(McCabe, Houser, Ryan, Smith, & Trouard, 2001; Rilling, Sanfey, Aronson, Nystrom, & Cohen, 2004),比较游戏活动中故意行为和非故意行为的脑激活特征。关于心理理论的研究发现,从后颞上沟到颞叶和顶叶交界处、内侧前额叶皮层,甚至颞极都参与了感知和推测他人心理的加工,这些区域被称为“心理理论网络”(Mitchell, 2009)。

综上,镜像神经系统最早是通过灵长类动物的实验发现的,涉及的任务多是动作执行(如抓取)和模仿,或是简单的身体动作等具有明确目的的动作,该系统更倾向于从神经生理学角度,揭示社会交流中简单的动作知觉和动作模仿的神经机制;而有关心理理论存在的证据则多数来自人类实验,人类在执行目标导向的动作或者看(听)到涉及目标或信念的故事(动画)时会激活该系统,该系统更倾向于从社会认知理论层面,揭示对他人心理状态推测的神经机制。然而以上研究都是要求单个被试执行一些简单任务,没有涉及实时的交互,与现实生活中的社会交流存在本质差异。因此,接下来我们将总结一些关于实时交互的研究,揭示其潜在的

神经机制,并探讨这两套认知机制之间存在怎样的关系。

2 社会交流中的人际神经同步

2.1 言语交流的神经同步研究

以往研究通常将说话者的言语产生和倾听者的言语理解作为两个独立的过程进行研究,然而 Stephen, Silbert 和 Hasson (2010) 认为应该同时考察对话中两个个体的言语行为。他们让一个英语母语者作为说话者,在功能磁共振成像(functional magnetic resonance imaging, fMRI)里讲述15分钟自己曾经的一段真实经历,录音的同时记录其神经活动。然后将这段录音分别播放给英语母语者和俄语母语者听,并同时记录其倾听过程中的神经活动。结果发现,说话者和倾听者(英语母语者)的语言和镜像神经元相关脑区(如楔前叶)都表现出同步的神经活动,并且同步性与内容理解成绩呈正相关。然而当倾听者(俄语母语者)不能听懂讲话者的语言时,则没有出现类似的同步神经活动。值得注意的是,该研究中被试之间的言语交流不是实时的。

Jiang 等(2012)则考察了实时交流过程中的神经同步,对比面面对话、面对面独白、背对背独白和背对背对话四种条件,发现配对被试在面面对话条件下,左下额叶皮质表现出更明显的神经同步。他们认为由于该脑区存在镜像神经元,而镜像神经元能感知观察到的动作和涉及动作的声音,这可能有助于面对面交流的进行,从而使对话双方能更顺利地理解彼此的言语行为。

之后, Jiang 等(2015)采用无领导小组讨论的方法,发现在左侧颞顶联合区,领导者-跟随者之间的神经同步显著高于跟随者-跟随者。该脑区是心理理论相关的脑区,说明这种复杂对话可能需要对他人心理状态进行推测,才能达到相互理解。此外,领导者-跟随者之间的神经同步性更高,这可能是由于相对于跟随者来说,领导者能更好地理解他人,促进交流顺利进行。而且,这种领导关系在谈话开始之后的较短时间内就可以通过神经活动的同步性进行预测。Nozawa, Sasaki, Sakaki, Yokoyama 和 Kawashima (2016)采用一个类似成语接龙的任务考察神经同步性,发现与静默时相比,游戏过程中额极(心理理论相关脑区)的神经同步性显著增强,该研究结果进一步证明了对他人心理状态进行推测时需要心理理论的参与。

综上,在言语交流过程中,交流双方会产生神经活动的同步性,这可能是个体成功交流的神经基础,且镜像神经系统和心理理论相关脑区都会被激活,说明这两种认知机制在个体进行言语交流时都发挥了重要作用,但是他们之间的关系(相互独立、协同合作还是互补)尚需进一步研究。

2.2 非言语交流的神经同步研究

人们在进行交流时,非言语信息也能提供额外的线索和意义。Schippers, Roebroeck, Renken, Nanetti 和 Keysers (2010) 通过让参与者在 fMRI 里玩猜字谜的游戏,考察做手势者和猜测者之间神经活动的同步性。结果发现游戏过程中出现了脑间神经同步。此外,做手势者的镜像神经系统活动引起了猜测者的镜像神经系统和腹内侧前额叶皮质的激活,需要注意的是腹内侧前额叶皮质在心理理论中发挥着十分重要的作用。由此可见,不仅镜像神经元系统参与非言语交流,心理理论也在其中起着不可忽视的作用。

Dumas, Nadel, Soussignan, Martinerie 和 Garnero (2010) 使用基于脑电图仪 (electroencephalograph, EEG) 的多人扫描技术和录像装置同时测量两个被试相互模仿对方手势时的神经同步性。结果发现,两人动作越同步,中央顶叶区在 α -mu 频段上的相位越趋于同步。Holper, Scholkmann 和 Wolf (2012) 考察了手指敲击模仿任务时的神经同步性,结果发现,任务条件下被试左额叶脑间的相干大于控制条件,他们认为相干反应了被试模仿时所做的努力。此外,Osaka 等 (2014) 发现被试在执行合作哼唱任务时,右下额叶皮质的相干显著增强。他们认为,右半球脑间的相干是由非言语协作引起的,而左半球则由言语对话引起 (Jiang et al., 2012)。而 Dommer, Jäger, Scholkmann, Wolf 和 Holper (2012) 采用双重 n-back 任务考察脑间神经同步,发现相对于单个被试,配对条件下被试前额区域脑间的相干显著增强,这表明合作将两个大脑结合在一起。

以上研究说明在非言语交流过程中,人际神经同步依然存在,并且同样涉及镜像神经系统、心理理论相关脑区和其他一些脑区。具体来说,相对复杂的实验任务(如无领导小组讨论和猜字谜),无论是否涉及言语,心理理论相关脑区(颞顶联合区、腹内侧前额叶)都会被激活。这可能是由于交流双方在这些任务中都以理解对方为目的,因此我们可以确定当人们需要对他人心理状态做出推测时需要

心理理论的参与。然而 Stephen 等 (2010) 的研究并不涉及动作的执行与模仿,被试也没观察到对方执行动作,但在镜像神经系统相关脑区出现了神经同步,这可能是由于言语中涉及到了动作描述。在日常生活里,成功的交流主要是依赖于大脑中的心理理论,还是镜像神经系统,或者是两种认知机制的协同合作?又或者,他们分别适用于不同的社交情境?为了澄清这些问题,研究者们还需要对交流的各种潜在影响因素(如交流目的、对象、形式和内容)进行深入探讨。

3 影响人际神经同步的因素

3.1 交流目的

Yun 等 (2012) 在无明确目的的内隐交流(手指敲击任务)中发现了人际神经同步。证明了伴随着行为同步会出现神经同步的现象。此外,他们的结果还表明人际神经同步不仅可由刺激驱动,还可以通过训练操控。同样,有明确目的的社会交流中也会表现出人际神经同步增强的现象,例如,演奏者们合奏一首曲子 (Lindenberge et al., 2009)。我们推测由动作引起的神经同步可能是由于两者执行相同的动作都激活了镜像神经系统,而目的导向的行为则有可能是同时激活了心理理论的相关脑区。当然,这需要研究者们进一步考察。

3.2 交流对象

Kawasaki 等 (2013) 对比人与人和人与机器的轮流发音,发现人-人条件下比人-机器条件下被试脑间神经同步明显增强。另外,也有研究者发现正常群体与特殊群体的人际神经同步也是不一样的,自闭症患者-正常人之间未能表现出与正常人-正常人之间交流类似的神经同步现象 (Saito et al., 2010; Tanabe et al., 2012)。Cheng 等 (2015) 对合作游戏中配对被试的性别进行操纵(同性 vs. 异性),结果证明交流对象的性别也会对人神经同步产生影响。这些研究提示我们,研究人际交流过程中的认知机制除了考察镜像神经系统和心理理论的作用,还应考虑到人类个体和特殊群体的独特特征。

3.3 交流形式

Jiang 等 (2012) 发现配对被试在面对面对话条件下的神经同步显著高于其他条件。另外,Osaka 等 (2015) 发现相对于独唱,合唱(面对面,面对墙)时的左下额叶皮层的神经同步显著增强。Jiang 等 (2015) 的研究更是在镜像神经系统和心理理论

相关脑区都发现了神经同步。这说明不同的交流形式可能引起不同程度的人际神经同步并激活不同的社会认知机制,而且复杂交流中的多通道信息(言语和非言语信息)可能需要两个系统的协同合作处理。

3.4 交流内容

Cui 等(2012)同时扫描两个人进行电脑合作游戏时的大脑活动,结果发现,相较于竞争和控制条件,被试在完成合作游戏过程中出现显著的额上回激活的一致性。另外,研究者们用功能近红外(functional near-infrared spectroscopy, fNIRS)技术记录游戏过程中被试的大脑激活情况,发现合作和阻碍条件下右额中上后区神经同步性增高,并且只有合作条件下内侧额叶皮层神经同步性增高(Liu et al., 2016)。由以上研究中的激活脑区(与心理理论相关脑区存在重叠)可以进一步说明,在涉及对他心理状态进行推测的任务中需要心理理论的参与,然而,镜像神经系统在其中所扮演的角色需要进一步研究。

综上,由于交流目的、对象、形式或内容的不同而激活了不同的社会认知机制,这可能是引发两套社会认知机制产生争议的原因。因此,探讨清楚这些因素对神经同步发生脑区的影响,将有助于我们进一步研究社会交流中潜在的认知机制。

4 结论与展望

研究者们采用人际神经同步作为研究人际互动的一个重要神经指标,且发现人际交流中镜像神经系统和心理理论涉及脑区都出现神经同步,这与社会认知机制双重假说的观点一致,即认为人际交流中至少存在两套认知机制完成平行信息的加工。然而,研究者还应该就这些系统激活的脑区是以什么方式激活的,进行更深入细致的研究。如,这两套机制是否因交流目的、对象、形式或内容的不同,而在不同的脑区表现出神经同步,进而引发了不同认知机制的争议。另外,在日常生活中,这两套系统分别适用于什么社交情景?它们是否会相互合作?因此,未来的研究可以借鉴加工分离任务,结合多人扫描技术,考察一些可能会对人际神经同步产生影响的因素,比如,操纵交流双方的任务类型:交流者们是否有相同目的;交流者们是否需要推测对方心理状态;谈话内容是否涉及动作描述。从而观察神经同步是否显著增强及其发生脑区,探讨两

种认知机制的关系,进一步揭示社会交流中人际神经同步的认知机制。

人际神经同步还可以应用到社会认知障碍群体的研究中,比如,对比正常个体-正常个体之间的交流与正常个体-认知障碍个体之间的交流,可能会发现,两种情况下的神经同步性存在差异,即两者的同步性强度不同,或在某些正常个体-认知障碍个体之间未出现神经同步现象,从而确定特定认知功能受损所对应的脑区,并据此提供科学的治疗。此外,我们知道伴随行为同步可能会出现人际神经同步,所以在心理治疗的过程中,可以通过增强治疗师和患者之间的行为同步,进而提高他们之间的神经同步,促进沟通交流,达到良好的治疗效果。

参考文献

- Brunet, E., Sarfati, Y., Hardy-Baylé, M. C., & Decety, J. (2000). A PET investigation of the attribution of intentions with a nonverbal task. *NeuroImage*, 11(2), 157-166.
- Burgess, A. P. (2013). On the interpretation of synchronization in EEG hyperscanning studies: A cautionary note. *Frontiers in Human Neuroscience*, 7, 881.
- Calder, A. J., Keane, J., Cole, J., Campbell, R., & Young, A. W. (2000). Facial expression recognition by people with möbius syndrome. *Cognitive Neuropsychology*, 17(1-3), 73-87.
- Castelli, F., Happé, F., Frith, U., & Frith, C. (2000). Movement and mind: A functional imaging study of perception and interpretation of complex intentional movement patterns. *NeuroImage*, 12(3), 314-325.
- Cheng, X. J., Li, X. C., & Hu, Y. (2015). Synchronous brain activity during cooperative exchange depends on gender of partner: A fNIRS-based hyperscanning study. *Human Brain Mapping*, 36(6), 2039-2048.
- Cui, X., Bryant, D. M., & Reiss, A. L. (2012). NIRS-based hyperscanning reveals increased interpersonal coherence in superior frontal cortex during cooperation. *NeuroImage*, 59(3), 2430-2437.
- Dommer, L., Jäger, N., Scholkmann, F., Wolf, M., & Holper, L. (2012). Between-brain coherence during joint n-back task performance: A two-person functional near-infrared spectroscopy study. *Behavioural Brain Research*, 234(2), 212-222.
- Dumas, G., Lachat, F., Martinerie, J., Nadel, J., & George, N. (2011). From social behaviour to brain synchronization: Review and perspectives in hyperscanning. *IRBM*, 32(1), 48-53.
- Dumas, G., Nadel, J., Soussignan, R., Martinerie, J., & Camero, L. (2010). Inter-brain synchronization during social interaction. *PLoS ONE*, 5(8), e12166.
- Gallagher, H. L., Jack, A. I., Roepstorff, A., & Frith, C. D. (2002). Imaging the intentional stance in a competitive game. *NeuroImage*, 16(3), 814-821.
- Holper, L., Scholkmann, F., & Wolf, M. (2012). Between-brain connectivity during imitation measured by fNIRS. *NeuroImage*, 63(1), 212-222.
- Jiang, J., Chen, C. S., Dai, B. H., Shi, G., Ding, G. S., Liu, L., & Lu, C. M. (2015). Leader emergence through interpersonal neural synchronization. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 112(14), 4274-4279.

- Jiang, J., Dai, B. H., Peng, D. L., Zhu, C. Z., Liu, L., & Lu, C. M. (2012). Neural synchronization during face-to-face communication. *The Journal of Neuroscience*, 32(45), 16064–16069.
- Kawasaki, M., Yamada, Y., Ushiku, Y., Miyauchi, E., & Yamaguchi, Y. (2013). Inter-brain synchronization during coordination of speech rhythm in human-to-human social interaction. *Scientific Reports*, 3, 1692.
- Lindenberger, U., Li, S. C., Gruber, W., & Müller, V. (2009). Brains swinging in concert: Cortical phase synchronization while playing guitar. *BMC Neuroscience*, 10, 22.
- Liu, N., Mok, C., Witt, E. E., Pradhan, A. H., Chen, J. E., & Reiss, A. L. (2016). NIRS-based hyperscanning reveals inter-brain neural synchronization during cooperative Jenga game with face-to-face communication. *Frontiers in Human Neuroscience*, 10, 82.
- McCabe, K., Houser, D., Ryan, L., Smith, V., & Trouard, T. (2001). A functional imaging study of cooperation in two-person reciprocal exchange. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 98(20), 11832–11835.
- Mitchell, J. P. (2009). Inferences about mental states. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364(1521), 1309–1316.
- Muthukumaraswamy, S. D., & Johnson, B. W. (2007). A dual mechanism neural framework for social understanding. *Philosophical Psychology*, 20(1), 43–63.
- Nozawa, T., Sasaki, Y., Sakaki, K., Yokoyama, R., & Kawashima, R. (2016). Interpersonal frontopolar neural synchronization in group communication: An exploration toward fNIRS hyperscanning of natural interactions. *NeuroImage*, 133, 484–497.
- Osaka, N., Minamoto, T., Yaoi, K., Azuma, M., & Osaka, M. (2014). Neural synchronization during cooperated humming: A hyperscanning study using fNIRS. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 126, 241–243.
- Osaka, N., Minamoto, T., Yaoi, K., Azuma, M., Shimada, Y. M., & Osaka, M. (2015). How two brains make one synchronized mind in the inferior frontal cortex: fNIRS-based hyperscanning during cooperative singing. *Frontiers in Psychology*, 6, 1811.
- Premack, D., & Woodruff, G. (1978). Chimpanzee problem-solving: A test for comprehension. *Science*, 202(4367), 532–535.
- Rilling, J. K., Sanfey, A. G., Aronson, J. A., Nystrom, L. E., & Cohen, J. D. (2004). The neural correlates of theory of mind within interpersonal interactions. *NeuroImage*, 22(4), 1694–1703.
- Rizzolatti, G., Fadiga, L., Gallese, V., & Fogassi, L. (1996). Premotor cortex and the recognition of motor actions. *Cognitive Brain Research*, 3(2), 131–141.
- Saito, D. N., Tanabe, H. C., Izuma, K., Hayashi, M. J., Morito, Y., Komeda, H., et al. (2010). "Stay tuned": Inter-individual neural synchronization during mutual gaze and joint attention. *Frontiers in Integrative Neuroscience*, 4, 127.
- Schippers, M. B., Roebroeck, A., Renken, R., Nanetti, L., & Keysers, C. (2010). Mapping the information flow from one brain to another during gestural communication. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 107(20), 9388–9393.
- Stephens, G. J., Silbert, L. J., & Hasson, U. (2010). Speaker-listener neural coupling underlies successful communication. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 107(32), 14425–14430.
- Tanabe, H. C., Kosaka, H., Saito, D. N., Koike, T., Hayashi, M. J., Izuma, K., et al. (2012). Hard to "tune in": Neural mechanisms of live face-to-face interaction with high-functioning autistic spectrum disorder. *Frontiers in Human Neuroscience*, 6, 268.
- van Overwalle, F., & Baetens, K. (2009). Understanding others' actions and goals by mirror and mentalizing systems: A meta-analysis. *NeuroImage*, 48(3), 564–584.
- Wilson, M., & Wilson, T. P. (2005). An oscillator model of the timing of turn-taking. *Psychonomic Bulletin and Review*, 12(6), 957–968.
- Yun, K., Watanabe, K., & Shimojo, S. (2012). Interpersonal body and neural synchronization as a marker of implicit social interaction. *Scientific Reports*, 2, 959.

Cognitive Mechanism of Interpersonal Neural Synchronization during Social Communication

Zhang Man¹, Liu Huanhuan^{1,2}

(¹ Research Center of Brain and Cognitive neuroscience, Liaoning Normal University, Dalian, 116029)

(² Beijing Key Lab of Applied Experimental Psychology, Faculty of Psychology, Beijing Normal University, Beijing, 100875)

Abstract Social interaction is the foundation of information communication, while its underlying neural underpinnings is still an open question. The article aims to elaborate its behavioral and neural dynamics. With the application of a neuroimaging technique called ‘hyperscanning’, many neuroscientists investigated this issue with data collected by simultaneously recording the hemodynamic or neuroelectric activities of multiple participants. Consistent findings across studies demonstrated the presence of Interpersonal Neural Synchronization (INS) in some specific brain regions between or within participants during real-time interaction. Therefore, INS has been adopted by neuroscientists as an index to explore the mechanism of social interaction.

According to some major findings and theoretical assumptions of social cognition in the field of neuroscience, neuroscientists put forward a dual mechanism neural framework for the realization of social understanding, that is, Theory of Mind and Mirror Neuron System, which is capable of parallel information processing in the brain. The first mechanism (Mirror Neuron System) suggests that representations of others are mapped onto an observer’s representations of these same schemas in order to understand them, revealing the neural mechanisms of simple motor perception and imitation during social communication. The second mechanism (Theory of Mind) requires semantic analysis of a given social situation to understand others and most likely involves conscious processes, revealing the neural mechanisms of inferring mental state of others during social communication from the theory perspective of social cognitive.

Previous studies found that some synchronized brain regions activated in communication were partly overlapped with the speculated brain areas of Theory of Mind and Mirror Neuron System, indicating that communication processes activated one or two mechanisms and caused controversy on cognitive mechanisms, which might be resulted from the form of communication (verbal or nonverbal communication). Therefore, to understand the influence of the form of communication, we briefly summarized recent studies of INS during social interactions. However, due to the complexity of social interactions, INS during different tasks may activate different brain areas that belong to Theory of Mind or Mirror Neuron System. This may be influenced by many communication factors, such as communicative purpose, objects, form or content. Specifically, INS was observed during implicit social interaction without communication purpose (communication purpose); INS of subjects with autistic spectrum disorder was reduced compared with normal subjects (communication object); INS during face-to-face communication was stronger than other modes of communication (communication form); INS was increased during cooperation task but not during competition (communication content).

In short, the two mechanisms are both involved in social interaction or the understanding of others. It suggests that researchers should put their eyes on what systems are activated and in what way, rather than trying to find out which system is the only one that exists. And, future research should pay more attention to the following aspects. First, did these two mechanisms show INS in different brain regions due to different purposes, objects, forms or contents of communication? Second, how did these two mechanisms work together or separately in different tasks and situations? Not only can answering these questions discover the cognitive mechanism of INS, but also can provide a reference for the study of groups with cognitive deficiency.

Key words interpersonal neural synchronization, theory of mind, mirror neural system, influential factorse