



社会互动中的具身性加工

罗婉莹¹, 张莘², 耿海燕^{1*}

1. 北京大学心理与认知科学学院, 行为与心理健康北京市重点实验室, 北京 100871;

2. Department of Psychology, University of Wisconsin-Whitewater, Whitewater WI 53190, USA

* 联系人, E-mail: hygeng@pku.edu.cn

2022-08-21 收稿, 2022-09-28 修回, 2022-09-29 接受, 2022-09-30 网络版发表

国家自然科学基金(32171053, 31671131)资助

摘要 在人际交互中, 要达到良好的沟通和交流, 除了从自我的角度感知交互对象及环境(包括物理环境和社会环境), 人们还需要站在交互对象的角度想象和推测他/她的所见、所闻和所想, 这是一个具身性加工的过程, 被视为人际理解和沟通的基础。尽管目前具身认知领域受到了广泛的关注, 但对“具身”概念的定义及理解还不是很清晰, 不同研究者提及这个概念的时候可能含义不尽相同。本文首先对“具身”概念及其发展进行了辨析, 并结合现有理论与实证研究对社会互动中的具身性加工进行讨论, 特别是以自我-他人共享表征为主线, 在行为、情绪和认知3个层面上讨论人际交互中的具身性加工。“共享”神经表征与镜像神经元系统密切相关, 是指个体在加工他人行为、情绪与认知时, 使用加工自我类似活动时的神经机制直接进行匹配或模拟, 通过在大脑中“亲身经历”观察到的他人行为来实现对他人的理解, 从而体现出具身性加工的特性。最后, 本文对当前具身性加工研究的局限及未来的研究方向进行了探讨, 提出未来有必要进一步考察其在更具生态效度情景下的作用机制。总之, 本文结合丰富的实验例证梳理了具身性加工在社会互动中的普遍机制, 对理解人际交互中的心理和行为有启示作用, 同时也有助于深化社会认知中理解他人的相关研究。

关键词 社会互动, 具身性加工, 自我-他人共享表征, 镜像神经元

20世纪80年代以来, 认知科学越来越重视身体在认知活动中的作用, 围绕这一点展开的研究积累了丰富的理论和实验成果, 它们被统称为具身认知(embodied cognition)^[1,2]。Barsalou等人^[3]将认知定义为“以感知和行动为基础, 认识客体、他人、社会或物理环境”的过程。从广义上讲, “具身”概念框架下的认知与身体紧密联系。个体构建关于自我、他人和世界的认识时, 在很大程度上依赖于身体的感觉运动体验^[4]。Lakoff等人^[5]认为, 具身认知科学(embodied cognitive science)变革了传统认知科学的计算主义基本立场, 修正了心智脱离身体独立运行的“硬件无关”观点, 使得认知研究从“人工智能”思路中解脱出来, 转向真正“人的智能”

的探索。至此, 认知不再被视为一种抽象符号的加工, 而是有机体通过行为、知觉等与环境交互的活动之一^[3]。

1 “具身”概念的发展与辨析

Schubert和Semin^[6]认为, 人们的思想、感受和行是由其身体以及身体带来的体验所塑造的。换句话说, 具身使得心智与感知、行为以一种不可切分的方式联系在一起。从广泛意义上说, 具身理论在心理学不同领域以及相邻学科都有着相当分量的研究与应用。Glenberg^[7]指出, 在客体识别、语言理解、记忆、社会认知、临床和教育等心理学分支领域内, “具身”观念

引用格式: 罗婉莹, 张莘, 耿海燕. 社会互动中的具身性加工. 科学通报, 2022, 67: 4236–4250

Luo W Y, Zhang S, Geng H Y. Embodied processing during social interactions: From a perspective of self-other shared representation (in Chinese). Chin Sci Bull, 2022, 67: 4236–4250, doi: [10.1360/TB-2022-0746](https://doi.org/10.1360/TB-2022-0746)

皆有举足轻重的意义。例如,当一个人看着桌子上的水杯并决定拿起它喝水时,他所做的动作就由不自觉的身体模拟过程引导,该过程便是具身性的。其中,手与水杯的距离、水杯把手是否与惯用手在同一侧、取回水杯时肢体的运动速度与轨迹等都起着十分关键的作用(一个人不可能无视身体与环境的各种联系直接行动,也时常需要依赖身体信息对客体进行表征)——因为我们所获取的一切认识都来自大脑、身体和外在世界之间的动态相互作用。Tirado等人^[8]与Foglia和Wilson^[9]也提出,哲学、语言学、人类学甚至机器人学这些心理学相邻领域中,“具身认知”都有着广阔的发展空间。目前社会型机器人的研究与优化,很大程度上是建立在具身框架下的,研究者正在跳出传统的计算机思维,关注到身体本身对于智能交互的重要意义^[9]。

得益于其多学科的背景与广泛领域的实验证据,“具身”相关研究的热度持续攀升。然而,这也带来了“具身”术语在使用方面的问题,如涵纳信息繁杂、表达内容不统一等^[10]。为了解歧义,Goldman和de Vignemont^[11]整合了领域内的认识,指出具身可以理解为“认知是基于身体形式(bodily formats, B-formats)进行的过程”。身体形式是指用来形成内感觉、身体状态、身体活动的表征性编码,在具身加工中发挥作用的心理表征就是以这种形式存在的,它为人们认知世界提供身体相关的经验(例如,人们在猜测他人心情时,并不是在大脑中抽象提取出一个情绪词,而是需依据情绪相关的身体感觉、表现与经验做出判断)。具体来说,这一含义强调身体的外观或者行为并不是心理体验的直接原因,而是为心理活动的发生提供了载体,真正发挥因果性作用的是以心理表征形式存在的“身体形式”信息。身体在认知中扮演的角色分为两个层面:其一,身体为认知提供加工平台。认知加工以脑与神经系统为生理基础,与感觉运动系统及其嵌入的情境有紧密联系。其二,身体为认知提供加工依据,身体不同方面的特性会被表征为不同的“身体形式”信息^[10]。例如,一个人的握拳姿势既可能被表征为情绪信息(“这个人很激动”),也可能被表征为动作信息(“他接下来会击打目标”),这种表征会基于空间和时间背景信息发生变化。Goldman和de Vignemont^[11]认为,从“身体形式表征”的角度理解具身性加工,能够最好地解释身体在社会性活动中的作用,故而本文对于“具身”术语的使用,也围绕这一释义展开。

以上,我们回顾了前人对“具身”定义的梳理,在此

基础上研究者也对具身性加工发生的维度展开了丰富的讨论。Thompson和Varela^[11]首先在脑-身体-世界的框架下,将具身分分为3个维度,分别用躯体内感觉(个体)、个体与他人(人际)、身体与环境这3个系统初步刻画了具身性加工的3个“运行环路”。Clark^[12]进一步强调了身体所嵌入的环境对认知的影响,认为认知高度依托于情境,受到局部时空环境的制约。综合前人讨论,Shapiro^[13]进一步提出具身认知的层次理论。具身的宏观层次即身体与外界的互动,它既表征场景信息、交互情境、空间方位等身体与外部环境的关系,也受到时间与空间、自然环境与社会文化背景的影响;中间层次主要由身体躯干及肢体参与,包括身体姿态、运动、表情等由运动系统负责的部分,具有基于感知觉反馈而调整运动信号的即时性特征;微观层次即感觉通道信息和其他内部信息。感觉通道信息主要指人的五感,这是人对外界信息产生感知的主要方式;其他内部信息主要包含本体感觉(肌肉、肌腱、韧带及关节的位置感觉、运动感觉等)、内感觉(通过感觉神经末梢对身体生理状况的感觉)以及前庭输入(通过前庭系统对头部的位置和运动进行编码,由此产生的身体运动感和定位感)。具身性加工的这3个层次综合参与认知活动的构建^[13]。而这3个层次所强调的恰恰是具身性加工中最重要的感觉运动系统。由此可见,所有具身性活动都不会脱离其本质,关于具身性加工的讨论也应当围绕身体表征的感觉、运动属性进行。至此,研究者对具身性加工中的身体表征框架有了层次化的认识,其内容更加具体,也更富可操纵性。

2 对他人的具身性加工

从认知加工的对象来看,具身可以参与自我与物理环境(或物理环境中的客体)的交互(非社会性加工),也可以参与自我与社会环境(或社会环境中的他人)的交互(社会性加工)^[2,14,15]。前者侧重于个体内部(intrapersonal)、个体与客体、个体与物理环境的相关信息处理^[16,17]。例如,具身加工自己“向杯子伸手”的动作就可能包含对特定活动直接结果的估计^[18](如,朝向杯子伸手的结果是握住杯子),也可能涉及引发某一行动或者状态的意图推理^[19](如,朝向杯子伸手的原因是“我”想喝水)。Tucker和Ellis^[18]要求被试判断杯子是正置还是倒置,发现杯子把手的方向影响判断——当把手与反应手在同一侧时,被试的反应更快。这表明个体会自动预测相关情境下可能的动作表征并基于此加工客体,

同时这种预测是围绕身体展开的。以上研究阐释了自我与客体、物理环境相关的具身性加工, 体现出认知与身体的紧密联系^[19]。而本文将侧重于具身的社会性加工方面, 关注社会互动中个体间的认知加工, 围绕人际互动中对他人的具身性加工这一主题展开, 这一过程是社会交互及沟通理解的重要基础^[20]。

在社会互动中, 对他人的具身性加工也被称作“具身模拟(embodied simulation)”^[2,15,20], 简而言之, “模拟”就是个体使用自身的心理机制去体验他人心理活动的过程。Gallese^[21]指出, 在这一过程中, 人们所观察到的他人身体信息(如空间方位、动作、姿态或表情等)不再停留于感官层面(看到、听到、触到等), 他人的身体状态还会引发观察者相应的内部表征, 如同观察者在“亲自”做类似的动作或经历相似的情绪或感觉。也就是说, 人们通过具身模拟去理解他人时, 会在自己脑海中复现(recreate)他人相关的身体状态, 接着再利用(re-use)自我的知识、经验等对他人行为、情绪或认知进行加工^[15]。

对于他人的具身性加工是人类与生俱来的能力。Gallese等人^[20]认为, 在发展初期, 人类通过复制(reproduce)他人行为来实现互动。有研究表明, 1岁前的婴儿便可根据动作观察、身体经验和对环境线索的估计来理解他人的行为, 这种模拟倾向比抽象概念和复杂语言能力发生发展的时间更早^[21]。除了发展中的重要性, Gallese^[15]也强调了具身性加工在社会中的广泛性。具体来说, 个体可以通过动作观察、模拟与想象来理解他人, 这涉及基础的感知运动系统^[21]; 同时, 具身性加工还在理解情绪(包括痛觉、面部表情和情绪性身体语言)、理解他人心理状态、理解他人认知内容等高级心理过程的运作中发挥作用^[15]。

简要总结, 社会互动中的具身性加工就是基于身体表征, 对他人、他人与自我、他人与情境的交互关系进行加工, 形象地说, 就是一个换“位”思考的过程: 个体在加工他人时并不是陈述性地将他人信息整合, 而是基于自我相同的行为、情感与认知活动, 用“模拟”的方式想象在他人身体中体验, 由此, 个体对他人的行为、经历与状态就有了细致入微而生动的感受。而这种“模拟”之所以能够实现, 得益于一种自我-他人的共享表征(shared representation)^[22-25]。有研究者认为, 人们之所以会基于自我相应机制与他人建立理解桥梁, 是因为大部分认知活动具有个体间的普遍性和跨时间的稳定性, 有了这个前提, 人们在理解他人时采用“推

己及人”的策略就会最大限度地节省认知步骤和认知资源。

3 具身加工他人的神经基础——自我-他人共享表征

在人际互动中, 个体对他人观点的内化能够使其更好地理解他人, 从而实现良好的沟通。从具身角度来看, 身体状态(如姿态和面部表情)在社会互动中产生, 也在社会信息处理中发挥核心作用^[5]。社会互动中的具身性加工, 既涉及以他人为对象的身体信息获取过程, 也存在以自我为主体的既往知识与经验的调用, 自我-他人共享表征为此提供了重要的神经层面证据。

Decety等人^[23]指出, 自我与他人的感知、运动和认知过程可能共享一套相似的神经环路。之后, Decety和Sommerville^[26]进一步设想存在一个自我与他人共享神经表征的分布式网络, 它不是一个单一的模块, 而是相互关联的区域集合。自我-他人共享表征意味着个体可能通过相同的神经编码来理解另一个人的行为, 其会基于自我加工相应活动的机制, 在交互中达成对他人的理解。已有研究表明, 这种特定社会认知机制很可能依赖于一类特殊的神经元——镜像神经元(mirror neuron), 它们的活动广泛参与社会性感知、动作协调、社会认知等功能^[27,28], 为自我-他人共享机制提供神经层面的支持。下面我们从镜像神经元系统切入, 通过介绍大脑中两个分别负责低水平与高水平加工的共享表征系统, 来剖析共享表征的神经基础和运行回路, 从而对具身加工他人的心理及神经过程有更加深刻的理解(图1^[29-31])。

3.1 镜像神经元及其在具身性加工中的关键作用

已有丰富的研究证据表明, 镜像神经元在社会认知中发挥着基础性作用, 可以帮助解码他人的行为、理解他人的意图、心理状态与情绪。镜像神经元最早由Rizzolatti等人^[32-34]在猕猴单细胞神经元研究中发现, 当猕猴观察某动作时, 其前运动皮层的放电活动与它自己进行该动作时相似。人类的镜像系统由一系列脑区构成^[35], 包括额下回(inferior frontal gyrus, IFG, 与运动计划相关^[36])、顶下小叶(inferior parietal lobule, IPL, 与抽象动作目标相关^[37])、颞上沟(superior temporal sulcus, STS, 可视为镜像系统的感觉输入来源^[34])、前脑岛(anterior insula, AI, 与愤怒、厌恶、痛苦、烦躁等负面情绪的共情相关^[38])、杏仁核(amygda-

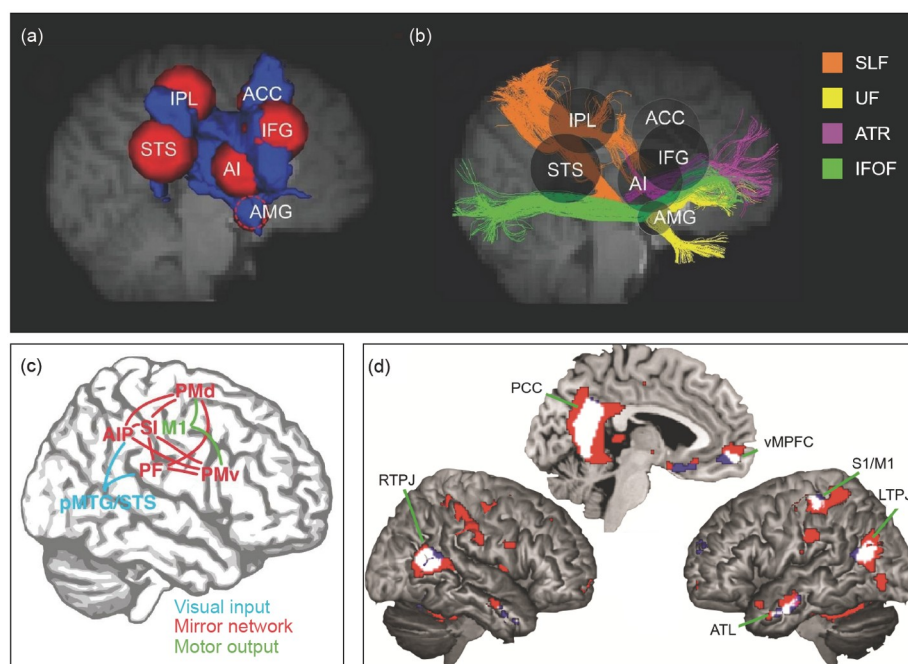


图 1 社会互动中的具身性加工——镜像神经网络与自我-他人共享机制。(a) 镜像神经元系统核心区域。每个红色球体代表一个感兴趣灰质区域，蓝色代表其之间纤维束重建的白质路径。IFG，额下回；IPL，顶下小叶；STS，颞上沟；ACC，前扣带回；AI，前脑岛；AMG，杏仁核。(b) 镜像神经元各核心区之间的白质束轨迹。镜像网络中的主要白质束包括：上纵束(SLF，由连接额叶、顶叶和颞叶的内侧和外侧纤维组成)、钩束(UF，连接内侧颞区到额叶皮质部分)、前丘脑辐射束(ATR，丘脑的主要投射，它承载着从下丘脑和边缘结构到前额叶和前扣带回的相互连接)和下额枕束(IFO，从腹侧枕叶皮层开始，向内侧穿过背侧的颞叶皮层到钩束，并在额下、内侧前额叶和眶额叶皮层终止)。(c) 自我-他人共享表征的低水平系统及其解剖学连接(红色)。该系统的视觉输入主要来自后颞中回(pMTG)和颞上沟(STS)(蓝色)。运动输出被发送到初级运动皮层(M1，绿色)。Visual input，视觉输入；Mirror network，镜像网络；Motor output，运动输出；pMTG，后颞中回；STS，颞上沟；PMv/d，腹侧/背侧运动前皮层；AIP+PF=IPL，顶下小叶；M1，初级运动皮层。(d) 自我与他人心理状态表征的激活模式。自我心理表征(红色区域)和他人心理表征(蓝色区域)的重叠部分(白色区域)被定义为共享心理表征区域。自我与他人的心理表征在很大程度上共享神经回路。R/LTPJ，右/左侧颞顶联合区；PCC，后扣带回；ATL，前颞叶；vMPFC，腹内侧前额叶；S1/M1，初级躯体运动感觉皮层

Figure 1 Embodied processing during social interactions: The mirroring network and the shared neural circuits for mentalizing about the self and others. (a) The major brain regions in the mirror neuron system. Each red sphere represents a gray matter region of interest (ROI) and the blue represents the tractography-reconstructed WM pathways between ROIs. IFG, inferior frontal gyrus; IPL, inferior parietal lobule; STS, superior temporal sulcus; ACC, anterior cingulate cortex; AI, anterior insula; AMG, amygdala. (b) The major white matter tracts for the mirroring network. The SLF (superior longitudinal fasciculus) is a large association bundle composed of medial and lateral fibers connecting the frontal, parietal, and temporal lobes. The UF (uncinate fasciculus) is a hookshaped ventral associative bundle that links medial temporal areas to portions of frontal cortices (both medial and lateral OFC). The ATR (anterior thalamic radiation) is a major projection from the thalamus, which carries reciprocal connections from the hypothalamus and limbic structures to the prefrontal cortex and anterior cingulate cortex. The IFOF (inferior fronto-occipital fasciculus) begins in the ventral occipital cortex, continues medially through the temporal cortex dorsal to the uncinate fasciculus, and terminates in the inferior frontal, medial prefrontal, and orbitofrontal cortex. (c) Location of the main regions associated with the lower level system of the self-other shared representation together with their anatomical interconnections (red). Visual input to this system mainly originates from the posterior mid temporal gyrus and superior temporal sulcus (blue). Motor output is sent to the primary motor cortex (M1, green). AIP, Anterior intraparietal; PF, area F of the parietal lobe; PMv and PMd, ventral and dorsal premotor cortex; pMTG, posterior mid temporal gyrus; STS, superior temporal sulcus; S1, primary somatosensory cortices; M1, primary motor cortex; IPL in the text, AIP + PF. (d) Shared neural activation patterns for mentalizing about the self and others. The shared mentalizing representations (white voxels) are defined as the overlapping areas of the self representation areas (red voxels) and the other representation areas (blue voxels). It signals that mentalizing representations about the self and others are largely recruiting identical neural circuitry. R/LTPJ, right/left temporo-parietal junction; PCC, posterior cingulate cortex/precuneus; ATL, anterior temporal lobe; vMPFC, ventromedial prefrontal cortex; S1/M1, primary sensorimotor cortex

la, AMG, 在情绪加工, 特别是恐惧共情中发挥重要作用^[39](图1(a)^[29])。Yin等人^[29]对之前的51项研究实施概率纤维追踪(probabilistic tractography), 发掘出了镜像神经元系统中的白质通路“景观”(图1(b))。综合可知, 前文提及的镜像核心脑区并不是独立存在的, 它们沟

通连接而成为镜像网络, 作为有机系统运行。来自人脑功能成像研究的元分析^[40-42]表明, 镜像系统在人类身上可视为一种“直接映射机制”, 它在观察他人进行某种活动时会发生与自己实施该活动时同样的神经反应^[36,40], 能够使个体以最基本和直接的形式感知、理

解他人的动作^[27]。

镜像神经元不仅在视觉观察中发挥作用,也能够根据相关声音编码动作的意义。Kohler等人^[43]发现了一种视听镜像神经元(audio-visual mirror neurons),它们不只在猴子观看给定的手部动作时活动,还会在听到由同一动作产生的声音时(只有听觉输入)做出反应,这说明镜像神经元能够将不同通道的感知输入进行类似的编码。另一项早期研究发现,镜像神经元不仅对事件的当下状态进行反应,还能预期目标最终状态并产生激活^[44]。值得注意的是,镜像神经元系统还在情感、认知加工等高级活动中发挥作用。在观察面部表情的过程中,部分镜像系统涉及的脑区会被激活^[45,46]。同样地,人们在理解他人身份、想法和感受时,在一定程度上也依赖于类似情境中对自我的预测^[47,48]。有研究者将镜像神经元系统的运作解释为一种共振机制,它通过个体自身的感觉运动系统模拟观察到的活动,使个体能够理解该活动的含义^[27,49]。镜像神经元也被视为理解他人想法(如心理理论)能力的基础,它使个体得以通过他人与自己精神状态的匹配或模拟来预测他人的行为和意图^[50]。Hommel等人^[28]认为,镜像神经元在广泛的社会认知活动中占有重要地位,在理解他人时发挥着不可替代的作用。这种“直接映射”机制使个体得以更简洁而不费力地加工他人,镜像神经元也因此被视为自我-他人共享机制的核心。

3.2 大脑中的自我-他人共享表征系统

目前的研究表明,支持这种“模拟”机制的共享神经系统主要有两个,分别编码低水平具身/模拟表征和处理较高水平的他人心理状态推理。

编码低水平活动的系统存在于额叶岛盖(frontal operculum, FO)/腹侧前运动皮层(ventral premotor cortex, PMv)^[51,52]、躯体感觉皮层(somatosensory cortices, SI/SII)^[53]、前脑岛^[54]和延伸进入前辅助运动区(presupplementary motor area, pre-SMA)的前扣带回尾部(caudal anterior cingulate cortex, cACC)^[55,56]。这一负责低水平活动的神经连接涉及镜像网络、感觉与运动系统,如图1(c)^[30]所示,它构建了动作执行与感知、模仿、想象等活动的加工网络,以及运动效应器和感觉皮层之间的神经连接^[19]。例如,当模仿他人动作并执行时,自我的皮质脊髓通路会被激活^[57],由此引发肌肉的兴奋以及随之而来的运动行为;当观察他人动作时,虽然要求被试有意抑制执行倾向,但其皮层运动网络仍会

得到激活^[58]。Valchev等人^[59]使用连续theta波段频率脉冲刺激(continuous theta-burst stimulation, cTBS)和重复经颅磁刺激(transcranial magnetic stimulation, TMS)技术对SI进行局部干扰,同时让被试在功能性磁共振成像(functional magnetic resonance imaging, fMRI)扫描仪中观察他人手部动作。结果发现,在SI被干扰时,一系列参与动作观察的节点都受到了远程影响,包括PMv和IPL(甚至一些高级视觉皮层的激活也发生了变化)。这一研究说明了干扰SI对与其相连接脑区的因果性影响,也直接证明了躯体感觉-运动网络参与负责自我-他人交互中的低水平活动加工。之后的两项研究进一步证实了这一观点:研究者通过增强SI的神经活动提高了被试在目睹他人被触摸时体验到的触摸感受^[60,61];基于体素的病变症状关联研究也说明了包括SI在内的顶丛病变会导致动作模仿缺陷,也会引发动作意义理解能力的轻微缺失^[62]。

处理更高水平的他人情感与认知的系统包括内侧前额叶(medial prefrontal cortex, MPFC)^[58,59]、后扣带回/楔前叶(posterior cingulate cortex/precuneus, PCC/PreC)^[63,64]、前颞叶(anterior temporal lobe, ATL)、额下回、杏仁核和颞顶联合区(temporoparietal junction, TPJ)^[65,66],这个系统负责情感、认知方面的人际互动加工^[67]。Yin等人^[29]同样通过概率纤维追踪发现,扣带(cingulum, 或称边缘联络束(limbic association bundle))和弓状束(arcuate fasciculus, AF)在高水平网络中发挥着结构骨架的作用:扣带在MPFC和PCC之间提供了强大的结构连接,而弓状束则将额叶皮层与右侧TPJ连接起来^[68]。也就是说,扣带和AF连接了高水平网络的不同节点(扣带主要投射到内侧节点,如MPFC和PCC,而AF投射到外侧节点,如TPJ和IFG)。前人也使用经颅磁刺激(TMS)、脑电与脑磁技术、功能性磁共振以及人类单细胞记录研究证明了这一网络的存在^[69]。例如,Lombardo等人^[31]对自我与他人心理状态(mentalizing)表征的脑区进行考察,用功能连接分析方法检验二者的表征是否共享,发现功能连接模式在加工自我和他人的心理状态时是类似的,这一共享表征为自我对他人的想法的加工与推理提供了神经证据(图1(d))。

有研究者将高水平互动加工与低水平模拟的两个共享过程进行对比整合^[70,71],认为两种加工过程之间存在一定程度上的交互,并基于此提出了整合假设(integration hypothesis)^[1,3,72]。Keysers和Gazzola^[73]将其阐释为,高级社会认知过程(比如心理理论、观点采择、

共情等)的表征可能是通过其与低级模拟表征的相互作用构建的,两个神经系统的联结体现为MPFC、PCC和TPJ等高水平互动加工脑区在功能上与FO/PMv、SI/SII、AI和cACC等低水平模拟脑区的功能连接^[73,74]。例如,大量的功能连接研究着重考察了AI与TPJ之间的紧密联系^[75-77],已有研究也证实干扰PMv-SI-IPL网络(主要负责低水平社会加工)会破坏个体识别他人情绪的能力^[78-80]。不可忽略的是,参与体感表征的SI在加工他人时起到了重要的因果性作用(即干扰SI活动会对一些高级加工脑区产生直接的远程影响)。Valchev等人^[59]认为,这显示了具身本质上是由躯体感觉、运动系统引导的。阻碍感觉运动皮层的活动会损害我们对他人的加工与预测,这恰恰表明了具身性加工并不是认知中的附加产物,而是一种不可缺失的重要机制。简而言之,在基于推理的高水平认知、情感加工中,个体会使用较低层次的模拟表征作为加工自我信息以及理解与预测他人信息的基石。

总体来看,社会互动中自我-他人的共享表征建立在镜像神经元的基础上,使个体在加工他人时能够利用与自己行为对应的一套神经编码来理解另一个人的行为,通过在大脑中“亲身经历”观察到的他人行为来实现对他人的理解^[2,18,71]。这种共享表征涉及两个联系紧密的神经系统,分别负责低水平的模拟加工和高水平的推理加工。得益于二者的有序运作,个体在加工他人时能够模拟自我的体验,从而更加直接地建立起与他人的社会联结。

4 人际交互中具身性加工的多层面探究

Lindblom^[81]认为,社会互动的本质是个体间关联的建立。故而在社会行为中,需要讨论的不只是具身性加工本身,更要基于自我-他人共享表征,把重点放在人们如何“构建”关系、如何在特定社会活动中共同协调行动上。通过对社会性具身加工领域的相关文献进行归纳、整理,我们提炼出一个行为-情绪-认知的三层面框架结构,以期对该领域近年来的前沿研究成果进行一个全面的概括和综述。如上所述,“具身”强调身体在社会认知加工中的关键作用,而身体的外在表现是“行为”,它在人际交互中能被直接观察到,所以这一部分我们从行为层面的社会性具身加工切入,从一个直观的层面展现具身性加工的特点^[82];随后,在行为的基础上进一步延伸到身体所携带的情绪信息,进而讨论对他人情绪的具身性加工,这个过程对感觉运动系统的

依赖也凸显了具身加工的特性,而情绪层面具身加工的突出特点在于其传播性与感染性^[83],对他人认知状态的具身加工是最复杂的层面,其中包括了想象和预测他人的感知觉(如视觉观点采择)、理解他人心理状态(如心理理论)等^[84]。行为-情绪-认知三层面结构从不同层级、不同角度展现了社会互动中具身加工的特性,三层次从简单到复杂递进,又围绕“身体”这一核心要素紧密地联系在一起。这一框架结构也很好地区分了目前对社会性具身加工的研究内容。

4.1 行为层面的具身性加工

行为层面的具身性加工主要涉及自我-他人共享的低水平系统,包含行为模仿、动作理解以及两个或多个个体协调动作以达成目标的联合行动等。本文重点讨论行为模仿,因为行为模仿不仅参与许多重要的社会认知功能(例如,不仅参与低水平的动作理解,还涉及共情、心理理论以及语言等高级功能),也常常被视为社会互动领域的最基础成分^[82,83]。行为模仿(behavior imitation)通常被定义为个体对动作有意或无意地进行观察和复制。有研究者指出,个体早期会在行为模仿中进行协调自我-他人同步性的最初尝试,在建构自我的同时得以获取自我与他人联结的主观体验^[26],这使得行为模仿在早期自我与他人表征形成中起到了不可替代的作用^[85]。本文从行为模仿切入,探讨低水平社会互动中的具身性加工过程,从而为后续的机制探索奠定基础。值得一提的是,虽然两个中文词汇的意义间有相近之处,但这里所讨论的“模仿(imitation)”与上文中“模拟(simulation)”不同:前者是人际交互中产生的活动表现,后者侧重于强调个体加工他人时的内部心理过程与神经活动^[86]。

Heyes^[87]认为,具身性加工主要发生于行为模仿的动作观察阶段。“知觉-运动转换”是模仿的一种独特而明确的属性,它能够建立起感觉和运动表征之间的直接联系。如前文中提到的猕猴观察与实施抓握。研究认为,在动作观察阶段镜像神经元的激活意味着个体的大脑已模拟了该动作^[32-34]。紧随猕猴镜像神经元的发现,越来越多的证据也证实人类运动系统的很大一部分都是通过观察动作来激活的^[88]。目前普遍认同的观点是,行为模仿中的具身性加工是一种涉及前运动皮层加工的认知功能^[85],自我-他人共享表征中的低水平模拟系统在其中有突出贡献^[58]。若给被试呈现动作、不可能完成的动作以及静止姿势3种类型的刺激,被试

的运动脑区(MT+区)只会在观看动作相关刺激的时候得到激活. 究其原因发现, 被试只会对动作刺激产生模仿趋向, 并且会启动自身运动脑区去体验他人的这种运动表征, 即在模仿中共享了自我加工相应动作的神经资源^[89]. Adamovich等人^[90]回顾了一项fMRI研究, 过程中被试先进行以行为模仿为目的的动作观察, 之后在被试实施模仿动作的同时, 屏幕中呈现对应的虚拟肢体动作(此时在被试看来, 是自己操纵了屏幕中的肢体). 结果显示, 动作观察学习和虚拟肢体呈现阶段均存在大脑额-顶回路的激活. 更重要的是, 这一神经现象也出现在了先天无上肢的被试群体中^[91]. 以上研究表明, 在行为模仿的具身性加工中, 个体自身运动皮层激活发挥着关键性作用.

4.2 情绪层面的具身性加工

情绪(emotion)的词源包含“motion”与“emovere”(拉丁语, 意为to move), 这暗示着概念诞生之初, 人们对情绪的认识就与运动紧密联结. 与具身的本质一脉相承, 对他人情绪的具身性加工重视情绪信息与身体内/外感受以及从前的动态经验之间的有机结合. 例如, 观察他人的厌恶表情, 会激活亲自经历厌恶事件时的脑区; 观察他人具有威慑性的表情时, 会激活自身的运动准备回路; 共情的感觉-运动模型(perception-action model, PAM)指出, 对另一个主体的情感状态的感知会激活观察者的相同神经表征^[92]. 由上可知, 具身性情绪加工在多种情绪相关活动中都有所体现, 例如共情、情绪无意识模仿(情绪拟态)等.

4.2.1 共情: 我切身感受到你的情绪

共情(empathy)是感知并理解他人情感的能力^[93], 是情绪层面的基础性社会活动之一^[94]. 如前文PAM模型所述, 个体能够通过激活支持自我情绪和感官体验的神经回路^[92]来理解他人情绪. 具体看来, 共情中的具身性加工表现为当观察到情绪相关的身体状态时, 大脑会迅速地进行一系列无意识的模拟加工^[95], 过程中存在自身情绪体验或记忆的参与.

已有神经层面的证据表明, 共情过程中存在自我与他人交互的相关脑区的参与(如顶下小叶), 也伴随着躯体感觉和运动皮层的同步激活. Borgomaneri等人^[96]使用运动诱发电位(motor evoked potential, MEP)探索共情中的具身过程, 发现对情绪相关图片的观察可以诱发被试相应的情绪动作倾向. 也有研究发现, 疼痛共情会引发观察者特定身体部位皮质脊髓兴奋性的降低,

产生其实际感受疼痛时会发生的皮质脊髓抑制^[86]. Keysers等人^[97]回顾了14项使用脑成像技术进行的疼痛共情研究, 发现躯体感觉皮层会在人们观看他人躯体疼痛图片时产生激活. 以上研究支持自我-他人共享表征的观点, 表明加工自身情绪与加工他人情绪能够激活相似的情绪系统, 共情过程中的具身模拟促进了对他人情绪的理解与想象.

4.2.2 情绪拟态: 我在自己身上展现了你的情绪

情绪的拟态现象(mimicry)也称“变色龙效应(chameleon effect)”^[98]. 与共情中个体对他人感受的体验不同, 情绪拟态强调的是个体在社会互动中展现出的无意识同步效应, 具有快速而难以抑制的特点^[97]. 早期研究已发现, 个体会自发地对他人表达的情绪做出相似的面部反应, 如以微笑回应喜悦、皱眉回应厌恶^[99]等. 有趣的是, 无论情绪是消极还是积极的, 拟态都会增进个体间的喜爱程度^[100]. 也就是说, 情绪的自发模仿可以看作一种维持社会纽带的“黏合剂”^[98], 使得互动中的个体增强彼此间的即时性联结.

对他人情绪的拟态可以分为两个方面: 运动拟态与自主拟态^[101]. 其中, 运动拟态包含外在的面部表情模拟、肢体动作对齐等. 有研究提出, 面部模仿可能是个体将自我与他人情绪联结起来的重要方式之一^[102]. 研究表明, 在模仿或观察面部表情的过程中, 面部活动的减弱或者改变(感觉运动皮层的真实损伤或通过经颅磁刺激造成抑制、肉毒杆菌毒素导致的肌肉抑制等)会导致情绪识别受损以及与情绪体验相关的大脑区域激活减少^[103]. 同样地, 在表情肌相关研究中发现, 人们在观察他人表情时会发生相应表情肌的激活, 观察到与加工自身相应情绪相似的肌电反应. 例如, 观看悲伤表情时皱眉肌会产生相应活动^[99]. 情绪拟态的另一面——自主拟态, 指的是人们内部生理活动的自发同步, 如心率变异性、瞳孔直径、呼吸频率及皮肤电活动等的协调^[98]. Craig^[104]使用冰水实验检测了一系列生理指标, 发现被试观看他人的疼痛处境与想象自身疼痛体验时的生理唤醒水平高度相似. Prochazkova和Kret^[83]提出情绪传递的神经认知模型(neurocognitive model of emotional contagion), 认为运动拟态和自主拟态之间有着紧密联系, 其中镜像神经元系统是共享情绪唤起和引导情绪传递的“引擎”.

Bienkiewicz等人^[105]指出, 共情与情绪拟态都是互动中情绪加工的重要内容, 在功能层面相互关联, 并通过镜像神经元系统在神经层面桥接. 有研究^[95,97]揭示,

共情中对他人情绪的感知需要自我相关脑区的参与,并且感觉运动皮层在其中起到了重要作用;而情绪拟态则更直接地展现了具身性加工的特征,即身体在情绪加工中扮演关键性角色,其中不仅涉及外在的动作表现,更关联内在的生理信号.这部分通过展现共情和情绪拟态与身体密不可分的特性,说明对他人情绪加工的具身性,从情绪层面进一步深化了对人际互动中具身性加工的认识.

4.3 认知层面的具身性加工

Gallese等人^[20]认为,自我意识发展的目的之一是使个体能够充分了解自我与他人;在自我与他人表征的协调下,个体对自我心理状态(意图、信念等)的认知也使得其能够推理和猜测他人的心理状态.观点采择(perspective taking)就是站在他人角度换位思考的能力^[106],根据采择内容的不同可以分为三类:视觉/空间观点采择(visual/spatial perspective taking, V/SPT)、认知观点采择(cognitive perspective taking)和情感观点采择(affective perspective taking)^[107].其中,视觉观点采择(VPT)是指个体在想象中从他人的视角看世界,从而理解他人视觉体验的过程^[107].它通常被认为是社会认知发展的基础,是社会互动的起点和前提^[105].不论是主人在电话中为来访的朋友指路,还是导游引导游客参观名胜古迹,都需要他们发挥VPT的能力,站在他人视角做出判断.

VPT的心理加工过程可以分为两个阶段^[84]:在第一阶段,个体需要想象将自己的身体转移到被采择者的位置(心理身体转移);第二阶段是在转移完成后,个体在被采择者的视角下完成对目标刺激的加工和判断(在被采择视角下具身性加工视觉场景与目标).Ward等人^[108,109]认为,在具身性加工阶段,个体会“身临其境”地从被采择者的视角加工目标客体,仿佛能够直接获得被采择者的视觉体验.Yuan等人^[110]发现,在他人视角下感知左右运动的光点刺激可以随后在自我视角下对左右方向的视觉运动产生适应现象,这一结果在更基础的视知觉层面展现了视觉观点采择的具身性加工特性.

对VPT中的具身性加工来说,自我-他人共享机制发挥着关键性作用.然而,共享并不意味着同一性.个体在社会生活中使用最频繁、趋于自动化的认知框架建立在以自我为中心的参考系之上.Samson等人^[111]认为,在采择他人视觉观点时,人们会因为自身视角更易

得、流畅,从而将自我视角信息错误地归因于他人视角.这种由自身信息导致采择他人时出现偏差的现象被称为自我中心干扰(egocentric intrusion),它可能会导致人际交流误解和社会互动障碍.所以,在神经活动共享的前提下,具身加工他人视角需要个体同时抑制自我中心倾向.Zacks等人^[112]发现,在自我与他人视角信息冲突时,被试的双侧内侧前额叶皮层都表现出了抑制,这一抑制的结果在行为层面体现为从他人视角转换回自我视角时,对视觉信息加工的速度变慢.关于孤独症儿童^[113]、前额受损病人^[114]的研究结果也显示,背外侧前额叶损伤会导致个体难以采择不同角度位置的他人视角,而当这些被试采择与自己朝向角度相同的他人时,成绩不会明显下降.这一结果显示,采择失败并不完全来源于对他人采择的困难,而有可能是由自我中心倾向无法抑制或者抑制失败导致的^[115].纵观上述结果,对他人视角的具身性加工是与抑制自我中心倾向密切相关的.

5 总结与展望

在社会环境中,人际沟通和理解是社会互动的基础,具身性加工则提供了一个理解他人的良好渠道.本文旨在讨论社会互动中的具身性加工,通过梳理和综述前人研究结果,力图对具身加工他人的心理及神经机制进行研讨.本文首先回顾了“具身”概念的历史渊源与概念分歧,明确了文中“具身”术语的具体所指,强调身体表征在认知中的重要作用;随后重点讨论了社会互动中对他人的具身性加工,通过回顾领域内丰富的实验证据,阐述了自我-他人共享机制在其中的核心作用.具身性加工过程并不致力于将社会刺激进一步编码组织为更高级的符号形态,而是充分利用身体的行为、情感、认知状态本身,通过一种更为直接的方式促进社会互动.这种直接“共振”形式的达成建立在镜像神经元系统的基础上,这一系统提供了“感知”与“动作”之间的联系,为具身性加工在基本的动作理解到高级的情感、认知活动中的运作提供可能.本文基于行为-情绪-认知三层面结构展现不同类型活动的具身特性.通过回顾领域内丰富的实验证据,从每个层面中选取了最具代表性、最基础的社会认知现象,对具身加工在社会交互中的普遍运行机制进行探索.三层面结构首先通过行为这一基础层面强调躯体感觉运动系统的重要地位,接着层层递进,从更为高级的情绪、认知层面加以印证,从最简单的活动贯穿到较为复杂

的加工, 突出了其“万变不离其宗”的本质: 社会互动中, 具身性加工紧密围绕着他人的身体表征进行, 过程中个体需要获取他人的身体位置、动作、与场景的关系等信息. 之后, 个体负责自我相应行为的脑区会得到激活, 以内部模拟的方式对他人的行为、情绪、心理状态进行推理, 从而为加工他人提供一个直接而不费力的通道, 在最大化节省资源的前提下促进社会交互的顺畅进行.

本文描述了一种自我-他人共享机制, 它以“共振”的形式使个体在互动中与他人建立联系. 然而, 当个体的身体基础有所缺失、个体与互动对象身体差异较大时, 具身性加工又会受到怎样的影响? 前人在肢体缺陷群体的探索中发现, 肢体的缺失会干扰对他人相应部位的正常加工, 例如, 出生时没有上肢且没有幻肢感觉史的个体无法记忆他人的手部动作^[116]; 同时, 在非社会互动领域也发现, 该群体难以识别和使用工具^[117]. 这预示着相应身体部位的缺陷引发了自我相应运动表征的缺失, 从而使得社会性和非社会性的具身性加工遇到阻碍. Pazzaglia等人^[118]测试了面部或肢体失用症的患者, 也发现这类人群在模仿和匹配嘴或上肢动作时存在特定的缺陷. 然而, 有趣的是, 一项fMRI研究发现, 先天无上肢被试在观察肢体活动并想象动作时, 额-顶回路与左侧岛叶的激活程度会相应增强(与正常限制上肢活动的被试产生了同样的激活模式)^[91]. 也就是说, 观察动作和对动作的想象在一定程度上能够激发个体的相应运动表征, 无论个体的真实运动系统是否有碍. 同样地, 研究发现, 先天无上肢群体在进行手部动作照片理解和哑剧理解时, 与正常组并没有显著差异; 而当手部轮廓或相应形状消失时, 这些被试对运动目的的理解就会受到影响^[119]. 这显示出视觉的轮廓和运动信息在引发运动表征中具有重要意义, 使得肢体缺陷个体能够在想象中进行模拟, 从而达成动作理解. 总体来看, 当自我与他人的身体、环境条件并不匹配时, 个体依然能够具身加工他人、实现交互, 这一过程是依赖于身体表征进行的, 并不直接由身体的物理性质支配. 正如前文所述, 具身性加工紧密围绕“身体表征”进行, 关于肢体缺陷或失用个体的讨论再次支持了这一观点.

需要注意的是, 虽然本文将社会互动放入了具身性加工的框架中进行讨论, 但具身未必是实现互动的唯一途径. 事实上, 在很多社会性活动中, 具身加工方式常常是认知加工的备择解释之一. 例如, 在情绪面孔

识别中, 具身认知的支持者常常认为, 面孔的情绪信息激活了个体的面部表情运动系统, 是这种具身模拟引发了进一步的表情识别^[120]; 也有持非具身观点的研究者认为, 情绪面孔会直接通达至个体的情绪加工脑区, 个体表情肌的变化是伴随情绪理解的副产品^[121]. 同样地, 对于视觉观点采择, 也有研究者对具身性加工的解释进行了挑战. 例如, Samuel等人^[122,123]认为, 个体并不会具身于他人对相应视角内容进行加工, 而是灵活运用个体过往经验对目标刺激在他人视角下的表征进行重建, 其采择加工类似于“拍下快照(snapshot)之后调整目标方向、大小, 使其适配于他人视角”的过程. 因此, 对个体如何在被采择对象的视角下完成对目标刺激的加工和判断, 研究者还没有得出较为一致的结论. Lindblom^[81]从理论层面讨论了具身与非具身性加工之间的关系. 他认为, 对具身与非具身之间的差异不需要进行专门的区分或弥合, 它们可能在某一过程中兼而有之, 依照加工需求服务于认知. 目前, 具身加工观点在整个社会认知领域内确实是较“年轻”的理论^[1,124~126], 有关研究及讨论也多处于探讨其存在性的阶段, 关于机制的探索更是有待展开^[127]. 然而, 正因如此, 我们更不能忽略具身理论对传统社会认知理论的革新与突破. De Jaegher等人^[128]指出, 虽然具身视角在社会心理学中的应用尚处于起步阶段, 但它是动态化、情境化的, 这一思想势必会为社会认知的研究带来变革性的发展. 本文旨在通过梳理这一领域的研究, 帮助读者了解其研究现状及存在的争议, 同时展望未来研究的前景. 正如本文所综述的, 众多社会性和非社会性心理过程的研究正在对具身投以关注, 重拾身体在认知中的重要角色. 在这场对认知本源的回归与探索中, 具身观点具有值得期待的探索空间和发展潜力.

综上所述, 社会互动中的具身性加工能够促进个体对他人的理解, 协调良好人际互动的发生, 是社会认知领域内的重要探索. 本文通过为社会互动中的具身性加工提供较为全面的图景, 扩展了当前具身认知领域内对具身社会维度的理解. 然而, 目前对社会互动中具身性加工的研究范式与情景设计尚存不足. 首先, 关于社会互动的研究多在实验室情境下进行, 互动的对象可能是屏幕中的二维人物, 或者同处一室但无沟通的真人^[128]. 这样的设置能够排除一系列额外变量, 但也会导致真实感不足或者互动体验不佳的问题, 减损实验过程中的具身效果. 为了提高具身性互动的外部效度, 实验中可以使用额外变量控制良好的真实场景,

或者引进先进的虚拟现实(virtual reality, VR)、增强现实(augmented reality, AR)技术等^[129,130]。其次,目前研究大部分囿于双人情境,在之后的研究中,可以通过引入多个互动对象来增强互动的真实感。此外,未来社会互动中的具身性加工研究还有应用前景。例如,共情研究中发现,个体在观看他人表达情绪的动作时,会引起相应部位的运动诱发电位^[87]。沿着这个思路,未来的研究可以将具身中的很多心理过程用外显生理指标进行可视化呈现。例如,VPT的第一个阶段,心理身体转移过程,实际上可以视为具身化采择的准备阶段——个体将心理自我转移到被采择者的位置,才可以“身临其

境”地加工他人视角。个体在这个阶段产生了与他人身体的一个想象对齐过程,其会不会亦在躯干或者相应肢体上产生类似于旋转身体的动作趋向?之后的研究可以使用肌电、皮肤电等外显指标测量这一过程。另外,在临床应用方面,有意促进具身性加工以及提升相应能力或可弥补某些社交缺陷,促进社会性技能的发展。例如,有研究表明,述情障碍(alexithymia)患者缺乏自动化具身的能力^[131],对他人情绪的敏感度较差。如果能够给予他们相应的提示,训练其具身性加工的能力,或许能够促进其共情能力的提升,从而降低社会生活难度。

参考文献

- 1 Goldman A, de Vignemont F. Is social cognition embodied? *Trends Cogn Sci*, 2009, 13: 154–159
- 2 Gallese V. Before and below ‘theory of mind’: Embodied simulation and the neural correlates of social cognition. *Philos Trans R Soc B-Biol Sci*, 2007, 362: 659–669
- 3 Barsalou L W, Niedenthal P M, Barbey A K, et al. Social embodiment. In: Ross B H, ed. *The Psychology of Learning and Motivation: Advances in Research and Theory*. New York: Academic Press, 2003. 43–92
- 4 Meier B P, Schnall S, Schwarz N, et al. Embodiment in social psychology. *Top Cogn Sci*, 2012, 4: 705–716
- 5 Lakoff G, Johnson M, Sowa J F. Review of philosophy in the flesh: The embodied mind and its challenge to western thought. *Comput Linguist*, 1999, 25: 631–634
- 6 Schubert T W, Semin G R. Embodiment as a unifying perspective for psychology. *Eur J Soc Psychol*, 2010, 39: 1135–1141
- 7 Glenberg A M. Embodiment as a unifying perspective for psychology. *Wiley Interdiscip Rev-Cogn Sci*, 2010, 1: 586–596
- 8 Tirado C, Khatin-Zadeh O, Gastelum M, et al. The strength of weak embodiment. *Int J Psychol Res*, 2018, 11: 77–85
- 9 Foglia L, Wilson R A. Embodied cognition. *Wiley Interdiscip Rev-Cogn Sci*, 2013, 4: 319–325
- 10 Wilson M. Six views of embodied cognition. *Psychonomic Bull Rev*, 2002, 9: 625–636
- 11 Thompson E, Varela F J. Radical embodiment: Neural dynamics and consciousness. *Trends Cogn Sci*, 2001, 5: 418–425
- 12 Clark A. Reasons, robots and the extended mind. *Mind Lang*, 2001, 16: 121–145
- 13 Shapiro L A. Embodied cognition. *Philos Top*, 2011, 39: 121–140
- 14 Rimé B, Bouchat P, Paquot L, et al. Intrapersonal, interpersonal, and social outcomes of the social sharing of emotion. *Curr Opin Psychol*, 2020, 31: 127–134
- 15 Gallese V. Bodily selves in relation: Embodied simulation as second-person perspective on intersubjectivity. *Philos Trans R Soc B-Biol Sci*, 2014, 369: 20130177
- 16 Newport R, Pearce R, Preston C. Fake hands in action: Embodiment and control of supernumerary limbs. *Exp Brain Res*, 2010, 204: 385–395
- 17 Borhani K, Beck B, Haggard P. Choosing, doing, and controlling: Implicit sense of agency over somatosensory events. *Psychol Sci*, 2017, 28: 882–893
- 18 Tucker M, Ellis R. On the relations between seen objects and components of potential actions. *J Exp Psychol-Hum Percept Perform*, 1998, 24: 830–846
- 19 Longo M R, Schütz F, Kammers M P M, et al. What is embodiment? A psychometric approach. *Cognition*, 2008, 107: 978–998
- 20 Gallese V, Keysers C, Rizzolatti G. A unifying view of the basis of social cognition. *Trends Cogn Sci*, 2004, 8: 396–403
- 21 Gallese V, Rochat M, Cossu G, et al. Motor cognition and its role in the phylogeny and ontogeny of action understanding. *Dev Psychol*, 2009, 45: 103–113
- 22 Brozzoli C, Gentile G, Bergouignan L, et al. A shared representation of the space near oneself and others in the human premotor cortex. *Curr Biol*, 2013, 23: 1764–1768
- 23 Decety J, Chaminade T, Grèzes J, et al. A PET exploration of the neural mechanisms involved in reciprocal imitation. *NeuroImage*, 2002, 15: 265–272
- 24 Ishida H, Suzuki K, Grandi L C. Predictive coding accounts of shared representations in parieto-insular networks. *Neuropsychologia*, 2015, 70:

442–454

- 25 Decety J. To What extent is the experience of empathy mediated by shared neural circuits? *Emot Rev*, 2010, 3: 204–207
- 26 Decety J, Sommerville J A. Shared representations between self and other: A social cognitive neuroscience view. *Trends Cogn Sci*, 2003, 7: 527–533
- 27 Cook R, Bird G, Catmur C, et al. Mirror neurons: From origin to function. *Behav Brain Sci*, 2014, 37: 177–192
- 28 Hommel B, Müsseler J, Aschersleben G, et al. The theory of event coding (TEC): A framework for perception and action planning. *Behav Brain Sci*, 2001, 24: 849–878
- 29 Yin W, Metoki A, Alm K H, et al. White matter pathways and social cognition. *Neurosci Biobehav Rev*, 2018, 32: 356
- 30 Keysers C, Paracampo R, Gazzola V. What neuromodulation and lesion studies tell us about the function of the mirror neuron system and embodied cognition. *Curr Opin Psychol*, 2018, 24: 35–40
- 31 Lombardo M V, Chakrabarti B, Bullmore E T, et al. Shared neural circuits for mentalizing about the self and others. *J Cogn Neurosci*, 2010, 22: 1623–1635
- 32 Rizzolatti G, Fadiga L, Gallese V, et al. Premotor cortex and the recognition of motor actions. *Cogn Brain Res*, 1996, 3: 131–141
- 33 Rizzolatti G, Fogassi L, Gallese V. Neurophysiological mechanisms underlying the understanding and imitation of action. *Nat Rev Neurosci*, 2001, 2: 661–670
- 34 Rizzolatti G, Craighero L. The mirror-neuron system. *Annu Rev Neurosci*, 2004, 27: 169–192
- 35 Bonini L. The extended mirror neuron network. *Neuroscientist*, 2017, 23: 56–67
- 36 Rizzolatti G, Cattaneo L, Fabbri-Destro M, et al. Cortical mechanisms underlying the organization of goal-directed actions and mirror neuron-based action understanding. *Physiol Rev*, 2014, 94: 655–706
- 37 Fogassi L, Ferrari P F, Gesierich B, et al. Parietal lobe: From action organization to intention understanding. *Science*, 2005, 308: 662–667
- 38 Moya-Albiol L, Herrero N, Bernal M C. The neural bases of empathy. *Rev Neurol*, 2010, 50: 89–100
- 39 Bastiaansen J A C J, Thioux M, Keysers C. Evidence for mirror systems in emotions. *Philos Trans R Soc B-Biol Sci*, 2009, 364: 2391–2404
- 40 Grezes J, Decety J. Functional anatomy of execution, mental simulation, observation, and verb generation of actions: A meta-analysis. *Hum Brain Mapp*, 2001, 12: 1–19
- 41 Caspers S, Zilles K, Laird A R, et al. ALE meta-analysis of action observation and imitation in the human brain. *NeuroImage*, 2010, 50: 1148–1167
- 42 Molenberghs P, Cunnington R, Mattingley J B. Brain regions with mirror properties: A meta-analysis of 125 human fMRI studies. *Neurosci Biobehav Rev*, 2012, 36: 341–349
- 43 Kohler E, Keysers C, Umiltà M A, et al. Hearing sounds, understanding actions: Action representation in mirror neurons. *Science*, 2002, 297: 846–848
- 44 Umiltà M A, Kohler E, Gallese V, et al. I know what you are doing. *Neuron*, 2001, 31: 155–165
- 45 Enticott P G, Johnston P J, Herring S E, et al. Mirror neuron activation is associated with facial emotion processing. *Neuropsychologia*, 2008, 46: 2851–2854
- 46 Birch-Hurst K, Rychlowska M, Lewis M B, et al. Altering facial movements abolishes neural mirroring of facial expressions. *Cogn Affect Behav Neurosci*, 2022, 22: 316–327
- 47 Mainieri A G, Heim S, Straube B, et al. Differential role of the mentalizing and the mirror neuron system in the imitation of communicative gestures. *NeuroImage*, 2013, 81: 294–305
- 48 Kilroy E, Harrison L, Butera C, et al. Unique deficit in embodied simulation in autism: An fMRI study comparing autism and developmental coordination disorder. *Hum Brain Mapp*, 2021, 42: 1532–1546
- 49 Donaldson P H, Gurvich C, Fielding J, et al. Exploring associations between gaze patterns and putative human mirror neuron system activity. *Front Hum Neurosci*, 2015, 9: 396
- 50 Salimova K R. Neurophysiological correlates of impaired development in autism spectrum disorder (ASD). *Biol Bull Rev*, 2022, 12: 140–148
- 51 Wiese E, Buzzell G A, Abubshait A, et al. Seeing minds in others: Mind perception modulates low-level social-cognitive performance and relates to ventromedial prefrontal structures. *Cogn Affect Behav Neurosci*, 2018, 18: 837–856
- 52 Zabicki A, de Haas B, Zentgraf K, et al. Subjective vividness of motor imagery has a neural signature in human premotor and parietal cortex. *NeuroImage*, 2019, 197: 273–283
- 53 Miller L E, Fabio C, Ravenda V, et al. Somatosensory cortex efficiently processes touch located beyond the body. *Curr Biol*, 2019, 29: 4276–4283.e5
- 54 Dambacher F, Sack A T, Lobbestael J, et al. Out of control: Evidence for anterior insula involvement in motor impulsivity and reactive aggression. *Soc Cogn Affect Neurosci*, 2015, 10: 508–516
- 55 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
- 56 Tu Y, Park J, Ahlfors S P, et al. A neural mechanism of direct and observational conditioning for placebo and nocebo responses. *NeuroImage*, 2019, 184: 954–963
 - 57 Su W C, Culotta M K L, Hoffman M D, et al. Developmental differences in cortical activation during action observation, action execution and interpersonal synchrony: An fNIRS study. *Front Hum Neurosci*, 2020, 14: 57
 - 58 Köster M, Langeloh M, Kliesch C, et al. Motor cortex activity during action observation predicts subsequent action imitation in human infants. *NeuroImage*, 2020, 218: 116958
 - 59 Valchev N, Gazzola V, Avenanti A, et al. Primary somatosensory contribution to action observation brain activity—Combining fMRI and cTBS. *Soc Cogn Affect Neurosci*, 2016, 11: 1205–1217
 - 60 Bolognini N, Rossetti A, Fusaro M, et al. Sharing social touch in the primary somatosensory cortex. *Curr Biol*, 2014, 24: 1513–1517
 - 61 Bolognini N, Miniussi C, Gallo S, et al. Induction of mirror-touch synaesthesia by increasing somatosensory cortical excitability. *Curr Biol*, 2013, 23: 436–437
 - 62 Binder E, Dovern A, Hesse M D, et al. Lesion evidence for a human mirror neuron system. *Cortex*, 2017, 90: 125–137
 - 63 Polk M S, Ikuta T. Disrupted functional connectivity between the nucleus accumbens and posterior cingulate cortex in autism spectrum disorder. *NeuroReport*, 2021, 33: 43–47
 - 64 Leech R, Smallwood J. The posterior cingulate cortex: Insights from structure and function. *Cingul Cortex*, 2019, 166: 73–85
 - 65 Bradford E E F, Gomez J C, Jentsch I. Exploring the role of self/other perspective-shifting in theory of mind with behavioural and EEG measures. *Soc Neurosci*, 2019, 14: 530–544
 - 66 Saxe R, Moran J M, Scholz J, et al. Overlapping and non-overlapping brain regions for theory of mind and self reflection in individual subjects. *Soc Cogn Affect Neurosci*, 2006, 1: 229–234
 - 67 Mitchell J P, Macrae C N, Banaji M R. Dissociable medial prefrontal contributions to judgments of similar and dissimilar others. *Neuron*, 2006, 50: 655–663
 - 68 Herbet G, Lafargue G, Bonnetblanc F, et al. Inferring a dual-stream model of mentalizing from associative white matter fibres disconnection. *Brain*, 2014, 137: 944–959
 - 69 Wang Y, Metoki A, Xia Y, et al. A large-scale structural and functional connectome of social mentalizing. *NeuroImage*, 2021, 236: 118115
 - 70 Pisoni A, Romero Lauro L J, Vergallito A, et al. Cortical dynamics underpinning the self-other distinction of touch: A TMS-EEG study. *NeuroImage*, 2018, 178: 475–484
 - 71 Gallese V. Mirror neurons, embodied simulation and a second-person approach to mindreading. *Cortex*, 2013, 49: 2954–2956
 - 72 Barsalou L W. Grounded cognition. *Annu Rev Psychol*, 2008, 59: 617–645
 - 73 Keysers C, Gazzola V. Integrating simulation and theory of mind: From self to social cognition. *Trends Cogn Sci*, 2007, 11: 194–196
 - 74 Keysers C, Gazzola V. Towards a unifying neural theory of social cognition. *Prog Brain Res*, 2006, 156: 379–401
 - 75 Kanske P, Böckler A, Trautwein F M, et al. Are strong empathizers better mentalizers? Evidence for independence and interaction between the routes of social cognition. *Soc Cogn Affect Neurosci*, 2016, 11: 1383–1392
 - 76 Salgues S, Plancher G, Jacquot L, et al. To the self and beyond: Arousal and functional connectivity of the temporo-parietal junction contributes to spontaneous sensations perception. *Behav Brain Res*, 2021, 396: 112880
 - 77 Lindström B, Haaker J, Olsson A. A common neural network differentially mediates direct and social fear learning. *NeuroImage*, 2018, 167: 121–129
 - 78 Paracampo R, Tidoni E, Borgomaneri S, et al. Sensorimotor network crucial for inferring amusement from smiles. *Cereb Cortex*, 2017, 27: 5116–5129
 - 79 Mazzoni N, Jacobs C, Venuti P, et al. State-dependent TMS reveals representation of affective body movements in the anterior intraparietal cortex. *J Neurosci*, 2017, 37: 7231–7239
 - 80 Yang T, Banissy M J. Enhancing anger perception in older adults by stimulating inferior frontal cortex with high frequency transcranial random noise stimulation. *Neuropsychologia*, 2017, 102: 163–169
 - 81 Lindblom J. Embodied Social Cognition. Berlin: Springer, 2015
 - 82 Meltzoff A N, Prinz W. The Imitative Mind: Development, Evolution and Brain Bases. Cambridge: Cambridge University Press, 2002
 - 83 Prochazkova E, Kret M E. Connecting minds and sharing emotions through mimicry: A neurocognitive model of emotional contagion. *Neurosci Biobehav Rev*, 2017, 80: 99–114
 - 84 Kessler K, Thomson L A. The embodied nature of spatial perspective taking: Embodied transformation versus sensorimotor interference. *Cognition*, 2010, 114: 72–88
 - 85 Gopnik A, Meltzoff A N. Minds, bodies, and persons: Young children’s understanding of the self and others as reflected in imitation and theory of mind research. In: Parker S T, Mitchell R W, Boccia M L, eds. Self-awareness in Animals and Humans: Developmental Perspectives. Cambridge:

- Cambridge University Press, 1994. 166–186
- 86 Park S, Matthews N, Gibson C. Imitation, simulation and mirror mechanism in schizophrenia: A social neuroscience perspective. *Schizophr Res*, 2008, 102: 125
- 87 Heyes C. Causes and consequences of imitation. *Trends Cogn Sci*, 2001, 5: 253–261
- 88 Iacoboni M, Woods R P, Brass M, et al. Cortical mechanisms of human imitation. *Science*, 1999, 286: 2526–2528
- 89 Saygin A P, McCullough S, Alac M, et al. Modulation of BOLD response in motion-sensitive lateral temporal cortex by real and fictive motion sentences. *J Cogn Neurosci*, 2010, 22: 2480–2490
- 90 Adamovich S V, Fluet G G, Tunik E, et al. Sensorimotor training in virtual reality: A review. *NeuroRehabilitation*, 2009, 25: 29–44
- 91 Vannuscorps G, Caramazza A. Motor simulation does not underlie action perception: Evidence from upper limb dysmelia. *J Vis*, 2015, 15: 559
- 92 Preston S D. A perception-action model for empathy. *Empathy Mental Illness*, 2007, 1: 428–447
- 93 Levenson R W, Ruef A M. Empathy: A physiological substrate. *J Pers Soc Psychol*, 1992, 63: 234–246
- 94 Singer T, Lamm C. The social neuroscience of empathy. *Ann N Y Acad Sci*, 2009, 1156: 81–96
- 95 Niedenthal P M, Mermillod M, Maringer M, et al. The simulation of smiles (SIMS) model: Embodied simulation and the meaning of facial expression. *Behav Brain Sci*, 2010, 33: 417–433
- 96 Borgomaneri S, Gazzola V, Avenanti A. Motor mapping of implied actions during perception of emotional body language. *Brain Stimul*, 2012, 5: 70–76
- 97 Keysers C, Kaas J H, Gazzola V. Somatosensation in social perception. *Nat Rev Neurosci*, 2010, 11: 417–428
- 98 Lakin J L, Jefferis V E, Cheng C M, et al. The chameleon effect as social glue: Evidence for the evolutionary significance of nonconscious mimicry. *J Nonverbal Behav*, 2003, 27: 145–162
- 99 Dimberg U. Facial reactions, autonomic activity and experienced emotion: A three component model of emotional conditioning. *Biol Psychol*, 1987, 24: 105–122
- 100 Hess U, Fischer A. Emotional mimicry as social regulation. *Pers Soc Psychol Rev*, 2013, 17: 142–157
- 101 Chartrand T L, Van Baaren R. Human mimicry. *Adv Exp Soc Psychol*, 2009, 41: 219–274
- 102 Seibt B, Mühlberger A, Likowski K U, et al. Facial mimicry in its social setting. *Front Psychol*, 2015, 6: 1122
- 103 Oberman L M, Winkelman P, Ramachandran V S. Face to face: Blocking facial mimicry can selectively impair recognition of emotional expressions. *Soc Neurosci*, 2007, 2: 167–178
- 104 Craig A D. How do you feel—Now? The anterior insula and human awareness. *Nat Rev Neurosci*, 2009, 10: 59–70
- 105 Bieńkiewicz M M N, Smykovskyi A P, Olugbade T, et al. Bridging the gap between emotion and joint action. *Neurosci Biobehav Rev*, 2021, 131: 806–833
- 106 Michelon P, Zacks J M. Two kinds of visual perspective taking. *Percept Psychophys*, 2006, 68: 327–337
- 107 Underwood B, Moore B. Perspective-taking and altruism. *Psychol Bull*, 1982, 91: 143–173
- 108 Ward E, Ganis G, McDonough K L, et al. Perspective taking as virtual navigation? Perceptual simulation of what others see reflects their location in space but not their gaze. *Cognition*, 2020, 199: 104241
- 109 Ward E, Ganis G, Bach P. Spontaneous vicarious perception of the content of another’s visual perspective. *Curr Biol*, 2019, 29: 874–880.e4
- 110 Yuan X, Wang N, Geng H, et al. Mentalizing another’s visual world—A novel exploration via motion aftereffect. *Front Psychol*, 2017, 8: 1535
- 111 Samson D, Apperly I A, Braithwaite J J, et al. Seeing it their way: Evidence for rapid and involuntary computation of what other people see. *J Exp Psychol-Hum Percept Perform*, 2010, 36: 1255–1266
- 112 Zacks J M, Gilliam F, Ojemann J G. Selective disturbance of mental rotation by cortical stimulation. *Neuropsychologia*, 2003, 41: 1659–1667
- 113 Pearson A, Ropar D, de C. Hamilton A F. A review of visual perspective taking in autism spectrum disorder. *Front Hum Neurosci*, 2013, 7: 652
- 114 Samson D, Apperly I A, Kathirgamanathan U, et al. Seeing it my way: A case of a selective deficit in inhibiting self-perspective. *Brain*, 2005, 128: 1102–1111
- 115 Steinbeis N, Bernhardt B C, Singer T. Impulse control and underlying functions of the left DLPFC mediate age-related and age-independent individual differences in strategic social behavior. *Neuron*, 2012, 73: 1040–1051
- 116 Vannuscorps G, Caramazza A. Impaired short-term memory for hand postures in individuals born without hands. *Cortex*, 2016, 83: 136–138
- 117 Vannuscorps G, Andres M, Pillon A. Is motor knowledge part and parcel of the concepts of manipulable artifacts? Clues from a case of upper limb aplasia. *Brain Cogn*, 2014, 84: 132–140
- 118 Pazzaglia M, Smania N, Corato E, et al. Neural underpinnings of gesture discrimination in patients with limb apraxia. *J Neurosci*, 2008, 28: 3030–3041
- 119 Vannuscorps G, Caramazza A. Typical action perception and interpretation without motor simulation. *Proc Natl Acad Sci USA*, 2016, 113: 86–91
- 120 Neal D T, Chartrand T L. Embodied emotion perception. *Soc Psychol Pers Sci*, 2011, 2: 673–678
- 121 Bogart K R, Matsumoto D. Facial mimicry is not necessary to recognize emotion: Facial expression recognition by people with Moebius

- syndrome. [Soc Neurosci](#), 2010, 5: 241–251
- 122 Samuel S, Hagspiel K, Eacott M J, et al. Visual perspective-taking and image-like representations: We don't see it. [Cognition](#), 2021, 210: 104607
- 123 Cole G G, Samuel S, Eacott M J. A return of mental imagery: The pictorial theory of visual perspective-taking. [Conscious Cogn](#), 2022, 102: 103352
- 124 Gallese V, Sinigaglia C. What is so special about embodied simulation? [Trends Cogn Sci](#), 2011, 15: 512–519
- 125 Ostarek M, Huettig F. Six challenges for embodiment research. [Curr Dir Psychol Sci](#), 2019, 28: 593–599
- 126 Zwaan R A. Two challenges to “embodied cognition” research and how to overcome them. [J Cogn](#), 2021, 4: 14
- 127 Robinson M D, Thomas L E. Introduction to embodied psychology: Thinking, feeling, and acting. In: Robinson M D, Thomas L E, eds. *Handbook of Embodied Psychology*. Cham: Springer, 2021. 1–19
- 128 De Jaegher H, Di Paolo E, Gallagher S. Can social interaction constitute social cognition? [Trends Cogn Sci](#), 2010, 14: 441–447
- 129 Flavián C, Ibáñez-Sánchez S, Orús C. Impacts of technological embodiment through virtual reality on potential guests' emotions and engagement. [J Hospit Market Manag](#), 2021, 30: 1–20
- 130 Genay A C S, Lecuyer A, Hachet M. Being an avatar “for real”: A survey on virtual embodiment in augmented reality. [IEEE Trans Visual Comput Graphics](#), 2021, doi: 10.1109/TVCG.2021.3099290: 1
- 131 Saito N, Yokoyama T, Ohira H. Self-other distinction enhanced empathic responses in individuals with alexithymia. [Sci Rep](#), 2016, 6: 35059

Summary for “社会互动中的具身性加工”

Embodied processing during social interactions: From a perspective of self-other shared representation

Wanying Luo¹, Shen Zhang² & Haiyan Geng^{1*}¹ Beijing Key Laboratory of Behavior and Mental Health, School of Psychological and Cognitive Sciences, Peking University, Beijing 100871, China;² Department of Psychology, University of Wisconsin-Whitewater, Whitewater WI 53190, USA* Corresponding author, E-mail: hygeng@pku.edu.cn

In interpersonal situations, a person perceives the social scene not only from an egocentric (self-centered) perspective but also from an altercentric (other-centered) perspective. Research on embodied cognition indicates that one important way to achieve mutual understanding in social interactions is embodied processing, during which people read a wealth of bodily information from others, and make use of such information to effectively interpret their behaviors, emotions, and mental states. Although “embodied processing” has been widely implied in various social processes and is crucial to successful social cognition, there has been a lack of clarity regarding this concept, and a mechanical understanding of how bodily information is used in such processing remains unclear.

In this paper, we reviewed relevant literature on embodied processing with an emphasis on analyzing its possible mechanisms. We first reviewed the concept of embodiment, based on which we highlighted a hierarchical understanding of embodied processing. At the neurophysiological level, existing theories and empirical studies indicate self-other shared representation as the foundation for “embodied” understanding of others and the Mirror Neuron system as the neural basis of such shared representation. Specifically, social interactions evoke the internal representations of the observer’s body states, which are associated with others’ expressions, actions, or mental states, as if the individual was going through the same psychological experience simultaneously. We then summarized the brain regions and neural connections of the shared representations. Instead of one unified system, there are two processing levels when it comes to representing self-other interactions. The lower level is activated in situations when we execute and imitate others’ actions, and the higher level is activated when reasoning and emotional components are involved, while the brain regions in charge of these levels are also highly interconnected.

As the core neural foundation for embodied processing in social interactions, such evidence of shared self-other representation has been from or implied in social cognition research that focuses on three different aspects: behavior, emotion, and mentalization. Therefore, we reviewed research focusing on these aspects, specifically, behavioral imitation, empathy, and emotional mimicry, as well as perceptual perspective-taking, to scrutinize the understanding of embodied processing. In behavior imitation research, the observation of other people’s physical movements and postures is considered the basis of imitating actions, as such bodily information—Especially bodily representations—Is deeply engaged in the relevant social processing. Observation and imitation have also been considered as the stage in which embodied processing occurs. The embodied characteristic of behavioral imitation serves as a foundation of other important social cognitive functions. For example, the process of empathy is inseparable from the observation and identification of other people’s facial expressions and emotional physical states. Similarly, in visual perspective-taking, one may mentally project their bodily self to the agent’s physical location and seemingly experience direct visual input from the corresponding perspective, as the agent does. These reviewed studies jointly highlight that underlying shared self-other representation allows for approaching other minds in an embodied manner. It enables individuals to make full use of their own experience and knowledge, and achieve social understanding directly and effortlessly. However, behavioral mechanisms of embodied processing, for example, in empathy or perspective-taking, are largely understudied. Another potential limitation is that social interactions in research have often been simplified. The field could benefit from more ecological contexts in the research design.

In conclusion, we combined different research and experimental evidence to bring out a general neural mechanism of embodied processing in social interactions. Our review helps to extend current knowledge of the nature of “understanding others” and offers insights as well as future directions on relevant social cognition research.

social interaction, embodied processing, self-other shared representation, mirror neurondoi: [10.1360/TB-2022-0746](https://doi.org/10.1360/TB-2022-0746)