

# 具身认知视角下语义理解中的身体角色： 以研究方法为线索

刘 营 苏得权

(广州大学教育学院, 心理与脑科学研究中心, 广州 510006)

**摘 要:**具身认知认为,概念形成和语言理解等高级心理过程本质上是以感知觉和运动经验为基础的。神经影像学研究发现,理解身体动作词激活了支配该部分肢体的感觉运动脑区。理解手部、脚部和面部动作词能够相应激活支配手部、脚部和面部的感觉运动脑区,体现出一种身体动作词语义理解激活的脑区与真实身体动作激活脑区的耦合效应。临床和经颅磁刺激研究结果表明,感觉运动皮层的激活与身体动作词语义处理具有因果性作用。未来研究应关注身体动作词语义理解的具身程度以及相关语言疗法在临床患者机能恢复中所起的作用。

**关键词:**身体动作词;具身认知;语义理解;脑机制

**中图分类号:**B8409

**文献标识码:**A

**文章编号:**1003-5184(2022)01-0013-07

## 1 引言

在语言认知神经科学中,最激烈争论的问题之一是负责单词意义的大脑区域定位(Tomasello et al., 2018)。19世纪晚期的神经学模型表明,语言是在布洛卡区和威尔尼克区两个语言区进行加工的,这两个区域靠近优势脑的外侧裂,通常在右利手者的左侧大脑半球。现代神经心理学对脑损伤患者的研究发现,尽管器质性语言障碍主要源于大脑左半球外侧裂损伤,但经典的“语言中枢”之外的一些脑区也在语言任务中变得活跃(Pulvermüller et al., 2001)。传统的语言处理神经学模型面临质疑,语言处理可能与更广泛的脑区激活相关。当听或看到“抓、吃、踢”这样的词语会给人的大脑带来什么样的影响?经典认知科学理论认为,这将导致长期记忆中抽象表征的激活,并整合成一个代表词语意义的网络。第一代认知科学受到语言哲学的分析传统的强烈影响,从中继承了以形式抽象模型为基础分析概念的倾向,这些模型与身体的生命以及支配身体在世界上运作的大脑完全无关(Gallese & Lakoff, 2005)。但是抽象规则和符号并不能完全地解释现实世界,因此在解释语言理解机制的过程中存在缺陷。与经典认知观点不同,新的观点认为对身体动作词汇的语义理解离不开个人的身体和感觉运动经验(叶浩生, 2019)。概念知识是具身化的,也就是说,它被映射到人类的感觉运动系统中。感觉运动系统不仅为概念内容提供结构,而且根据身体在世界上的运作方式来描述概念的语义内容(Gallese &

Lakoff, 2005)。

镜像神经元成为理解动作意义的重要神经结构。脑成像数据表明人类大脑中存在镜像神经系统,当人们观察到一个自己可执行的动作时,前运动皮层的血流量会增加,而当观察到的动作超出了个体的能力范围时,只会激活视觉皮层,而不会激活前运动皮层(Buccino et al., 2004)。除脑成像数据外,行为实验中也发现动作概念表征和身体运动的神经控制之间有着密切的联系,也就是所谓的动作——句子一致性效应(Action-sentence Compatibility Effect; ACE)。研究发现,当句子涉及的身体部位与进行反应的效应器相一致时,反应会更快,这表明运动系统是以效应器特有的方式由句子的意义预先激活的(Scorilli & Borghi, 2007)。人们通过心理模拟来理解对动作的语言描述,就像人们通过心理模拟理解他人直接观察到的动作一样。大脑皮层参与了概念和词义的处理,一个可能的解释是联想学习(Hauk & Pulvermüller, 2004)。如果一个单词经常与视觉感知的对象(物体单词)共同出现,由单词相关意义引起的大脑激活可能出现在视觉皮层;而一个频繁在身体运动情景中出现的动作词相关意义的激活可能出现在额中央的运动脑区(Pulvermüller et al., 2001)。对于那些通常描述视觉感知物体的单词与语言区域的视觉皮层颞下回和枕叶相联系,而通常用于描述肢体动作的单词与运动皮层、前运动皮层和额叶前部有关(Hauk et al., 2004; Willems et al., 2010)。

动词可以指代不同类型的动作,一个重要的区别是基于主要涉及的身体部位,例如“抓”主要由手部来执行(Pulvermiller et al., 2001)。通过引导被试在扫描仪中执行嘴、手或脚部动作,将成像数据与躯体运动感觉分布图进行对应,能够将运动诱导的激活定位到身体部位的特定脑区。具身认知语义理论的一个推论是,运动相关的概念,如:吃、抓、跑等,由执行这些动作相同的神经网络来表征。Hauk 等(2004)研究了手、脚、面三类动作词语义理解时的脑神经活动,结果表明阅读与不同身体部位的动作相关的单词,会以躯体化的方式激活运动皮层和前运动皮层。大量的神经影像学研究发现身体动作词引起的特异性激活(Kemmerer et al., 2008; Willems et al., 2010)。然而,也有研究发现对特定动作词语义的理解并没有引起初级运动皮层或前运动皮层中躯体运动感觉分布图所对应的激活(Postle et al., 2008)。因此,身体动作词语义理解的特异性激活需要汇聚更多的实验数据。

虽然在认知神经科学中,大脑中的感觉运动系统在语义和概念加工中起着关键作用,但功能磁共振成像(Functional Magnetic Resonance Imaging: fMRI)技术的局限性是突出的,这些研究可以显示相关的激活,而不是因果性的激活(Pulvermiller et al., 2009)。感觉运动脑区在语言处理中扮演什么角色,运动脑区的激活是理解动作词所必须的,还是它们的出现仅仅是一个附带现象。为了确定运动脑区在语义处理中的具体作用,有必要考虑补充方法,如时间精度更强的脑电图(Electroencephalogram: EEG)、脑磁图(Magnetoencephalogram: MEG)研究以及具有因果关系的经颅磁刺激(Transcranial Magnetic Stimulation: TMS)和脑损伤研究。本文根据实验技术手段对身体动作词语义理解的结果进行梳理,以揭示感觉运动脑区在身体动作词语义理解中的具体作用?并进一步提出未来研究中值得关注的问题。

## 2 身体动作词语义理解的 fMRI 研究

功能磁共振成像是一种研究人脑功能的技术,具有无创、空间分辨率高的特点,在身体动作词语义理解的研究中得到广泛应用。根据具身认知的语言理论,人们理解像“扔”这样的词,至少在一定程度上是通过心理模拟“扔”来理解的(Willems et al., 2010)。Hauk 等(2004)使用 fMRI 技术,在被动阅读任务中让被试观看涉及面部、手部和脚部的身体

动作词。结果发现三种身体动作词共同激活了背侧和双侧额中回的前运动皮层和左半球中央前回的运运动皮层,并且由身体动作词诱发的运动脑区的激活与执行该动作引起的脑区激活基本一致。其中,面部动词激活了双侧额下回的运动前区;手部动词激活了背侧和双侧额中脑回的前运动皮层和左半球中央前回的运运动皮层;腿部动词激活了左侧背侧区域、中线附近的中央前回、中央后回和背侧前运动皮层。Kemmerer 等(2008)在 fMRI 实验中让被试对五类动词(跑、说、打、切和状态变化的动词)进行语义判断,主要涉及五种语义成分(动作、运动、接触、工具使用和状态变化)。研究表明,这些语义成分是由一个广泛分布的主要由左半球皮层结构组成的网络所支持的,这些结构有助于动作的执行、观察和想象。

与先前的研究结果相一致,Raposo 等(2009)在研究中使用与手臂或腿部动作有关的动作动词,结果发现,听到与身体动作相关的词会激活参与动作执行的额顶叶系统。在这个系统中,与手臂和腿部相关单词的激活脑区部分地与各自身体运动的激活模式重叠。为探讨额-颞叶皮层是否在功能上表现为分布的词汇和类别特定的语义网络,研究采用 K-means 聚类算法对不同语义类别的单词在加工中诱发的激活模式进行分类。结果表明与面部、手部和腿部相关的动作词以躯体化的方式特异性激活运动系统,而表示颜色或形状信息的词汇则激活了前额叶区域。类似的功能特异性在颞叶皮层也很明显,与形式和动作相关的单词出现了不同的语义结构(Pulvermiller et al., 2009)。总之,越来越多的研究证实了身体动作词语义理解特异性激活感觉运动脑区。

然而,以往研究采用的实验材料多为字母语言,而汉字是由笔画或偏旁部首组成的。神经影像学证据表明,汉字处理由于其独特的语言特征,与字母语言相比具有不同的激活功能(Wu et al., 2012)。研究使用 fMRI 技术,选用三类动词,一类是描述不用工具的手部动作,如“捏”、“扔”;一类是描述工具但强调手部动作的动词,如“扫”、“挖”;最后一类是描述工具强调工具动作的动词,如“绑”、“割”。结果发现,工具动词在左侧顶上小叶、左侧额中回和左侧颞中回后部的激活较强;手部动词则在运动皮层表现为显著的激活(Yang et al., 2011)。苏得权等(2013)在 fMRI 研究中选择 4 类涉及身体部位的动

作成语和不包含动作的抽象成语作为刺激材料,研究发现手部和脚部动作成语语义理解主要激活中央前回和前运动皮层;面部动作成语激活右侧额中回后部和背外侧前运动皮层;口部成语更多激活背外侧前运动皮层前部、右侧额下回的布洛卡区。结果表明,涉及身体不同部位的4类动作成语语义理解激活的脑区与躯体运动感觉分布图是拟合的,汉语动作成语语义理解表现出具身效应。感觉运动皮层的激活可以表征单词的含义,但这些研究结果也遭到了一些质疑。Postle等(2008)将fMRI与左半球初级运动皮层和前运动皮层的躯体运动感觉分布图相结合,分析在理解涉及手部、脚部和口部动作词时大脑的激活情况。结果发现,对特定身体动作词语义的理解并没有在初级运动皮层和前运动皮层引起躯体组织的特异性激活。但是,综合以往研究提供的强有力证据,依然可以证明不同语义词范畴在感觉运动脑区的特异性激活(Hauk & Tschentscher, 2013)。

在认知神经科学研究中,大脑中的感觉运动系统在语义和概念加工中起着关键作用。然而,以往的研究并没有解决fMRI数据在影响发生的处理阶段的模糊性,所有这些结果都有可能反映了作为心理表象的后语义处理阶段(Hauk & Tschentscher, 2013)。Willems等(2010)在研究中向被试呈现与手部动作和非手部动作相关的词,被试阅读这些单词完成一项词汇判断任务或表象任务。结果发现,初级运动皮层在表象任务中呈现出效应器的特异性激活,而在词汇决策任务中没有发现这种激活效应,并且,动作词在两个任务中激活的区域之间没有重叠或关联。因此,虽然这些结果表明运动脑区在表象和语义上可能扮演着不同的角色,但也暗示了在非表象任务中,运动皮层的激活并不能完全用心理表象来解释(Hauk & Tschentscher, 2013)。许多fMRI研究为身体动作词语义理解中感觉运动脑区的特异性激活提供了证据。然而,感觉运动脑区的激活在语义处理中的时间性问题仍然有待考察,即运动脑区的激活在身体动作词语义处理中起着功能性作用或仅仅是语义理解的附带现象。

### 3 身体动作词语义理解的 EEG/MEG 研究

N400是ERP研究中的一个经典成分,峰值在刺激呈现后400毫秒,显示出对一个单词语义关系的差异性反映。可以假设在身体动作词语义处理之前(即400毫秒之前)大脑激活与心理表象无关

(Hauk & Tschentscher, 2013),即支持运动脑区的激活在身体动作词语义理解中起着功能性作用,而非语义理解的附带现象。Pulvermüller等(2001)选用手部、腿部和面部动词作为刺激材料,被试被指示进行快速的词汇判断任务,同时通过60个EEG通道记录神经生理反应。行为数据表明,与涉及腿部动词相比,对面部动词的处理速度更快。动词类型引起的大脑激活的显著地形差异在单词呈现后250毫秒开始被发现,并且,动作词引起沿运动带的差异性激活,最强的进行性激活(In-going Activity)发生在靠近主要用于执行动词所指动作的身体部位的皮层。动作词语义范畴之间引起的差异性脑激活已经在神经影像学研究中得到证明。Hauk和Pulvermüller(2004)在被动阅读任务中使用多通道EEG来检验腿部、手部和面部动词在大脑皮层的神经生理活动。研究发现,在刺激呈现后200毫秒左右可以诱发运动相关效应,处理腿部、手部和面部运动的动作词会导致不同的神经生理活动。手部动词特异性激活右侧额叶区;腿部动词激活顶点周围区域;面部动词激活了左侧额叶下部。

张钦等(2003)采用词汇判断任务,探讨名词与动词之间的电生理差异以及词汇的具体性对这种词类效应的影响。结果表明,名词与动词的激活差异在刺激呈现后200毫秒左右开始出现,在300~400毫秒时窗中,具体名词与具体动词表现出更为明显的差异,在额-颞叶脑区发现具体名词比具体动词诱发了更负的N400成分。有研究发现,在视觉单词识别过程中,真单词和假单词的事件相关电位差异出现在单词呈现后的160毫秒(Hauk et al., 2006)。Pulvermüller等(2005)让被试进行一项分散注意力的任务(观看无声电影),并忽略声音刺激,这些刺激材料涉及面部动词或腿部动词,并将被试的大脑活动通过MEG记录下来。结果发现,在刺激材料呈现后200毫秒左右,语义词类之间的差异开始出现,并且面部动词和腿部动词在运动皮层诱发了特异性的躯体化激活。

研究表明,当一个人处于休息状态时,Mu波波幅最高,因为负责这些波幅的感觉运动神经元同步激活。相反,当一个人执行一个动作时,激活模式是异步的,从而导致Mu波的抑制和更小的振幅。一项研究中,让被试观看并聆听了9段由三种不同的听觉刺激和三种不同的视觉刺激组合而成的音频视频刺激片段。结果发现,当被试在视觉上感知一系

列无意义的语音动作时,在 Cz、C3 和 C4 电极之间发现了显著的 Mu 波抑制,这表明视觉语言感知激活了运动系统(Crawcour et al., 2009)。Moreno 等(2013)使用 EEG 技术来检验 Mu 波抑制是仅限于动作语言的理解,还是一个与语言处理相关的普遍现象。实验分为动作语言条件(以听觉形式向被试呈现句子)和动作观察条件(被试观看动作视频),脑电图的频谱分析在动作观察条件和动作语言条件表现出明显的 Mu 波抑制,与此相反, Mu 波频率不受抽象语言的调节;并且,动作语言引起的 Mu 波抑制与动作观察引起的 Mu 波抑制相似,表明,理解动作语言涉及到运动脑区的激活。

尽管与 fMRI 研究相比,身体动作词语义理解的电生理学研究相对较少,但已有研究对早期的语义效应证据进行综述。不同类别动作词诱发激活的时空特征表明,动作词识别中的语义获取是一个早期的自动化过程,反驳了运动脑区的激活是语义处理表象结果的观点(Moseley & Pulvermiller, 2018)。使用时间分辨率较高的电生理学研究扩展了功能磁共振成像的结论,明确感觉运动脑区的激活在身体动作词语义理解的过程中起着功能性作用,而非附带现象。但在解决运动脑区激活与身体动作词语义理解的因果关系问题上,仍然需要考虑 TMS 和脑损伤研究(Pulvermiller et al., 2009)。无论是神经刺激还是脑损伤患者的研究,都可以对受刺激或损伤区域对认知功能的因果关系和功能相关性得出直接结论(Dreyer et al., 2020)。

#### 4 身体动作词语义理解的 TMS/脑损伤研究

TMS 是一种非侵入性技术,根据刺激脉冲不同,可将 TMS 分为三种刺激模式:单脉冲经颅磁刺激、双脉冲经颅磁刺激以及重复性经颅磁刺激(rTMS)。rTMS 可以通过不同频率来调节反应,低频刺激( $\leq 1\text{Hz}$ )会导致暂时性损伤,表现为反应变慢和错误率上升;高频刺激( $> 1\text{Hz}$ )会预激活一个脑区,可以提升任务表现。Pulvermiller 等(2005)在研究中将 TMS 应用到左侧语言支配半球的运动脑区,结果发现刺激部位和词类之间存在交互作用,对手部对应脑区的刺激导致对手部相关动词的判断快于对腿部相关动词的判断,而在腿部对应脑区进行刺激时对腿部相关动词的判断快于对手部动词的判断。并且,在 TMS 应用于右半球的手部和脚部运动脑区时,以及在对照刺激中,没有发现 TMS 引起的单词类别的判断差异。Buccino 等(2005)通过 TMS 记录

刺激手部运动脑区和脚部运动脑区时肌肉的运动诱发电位,结果发现,听手部动作相关的句子导致了手部肌肉运动诱发电位的振幅降低,听脚部相关的句子导致了脚部肌肉运动诱发电位振幅降低。这与以往相关研究的结果并不一致,作者指出一个可能的解释是刺激传输通道的不同,但仍然支持了运动皮层负责处理动作词的语义表征。

运动脑区与身体动作词语义处理具有因果性作用,那么对特定脑区的抑制将会影响动作词的语义理解,而不影响非动作词的语义处理。Repetto 等(2013)将 rTMS 应用于初级运动皮层的左侧和右侧手部脑区,结果表明,刺激选择性的影响了动作词的加工过程,而不影响抽象动词的加工过程,在左侧手部对应大脑区域刺激之后,对于手部动词的反应时明显慢于右侧刺激后对手部动词的反应时,也慢于左侧刺激后对于抽象动词的反应。研究中发现的大脑偏侧化效应,意味着对于惯用右手的人来说,只有左侧初级运动皮层参与了对身体动作词的语义处理,而右侧似乎没有参与其中。在另一项研究中将高频 TMS 应用于右利手被试的左侧前运动皮层手部区域和右侧前运动皮层手部区域,结果显示,大脑半球和动词类型的交互作用显著,即在左侧前运动皮层刺激后对手部动词的反应快于右侧前运动皮层刺激后对手部动词的反应,而在非手部动词中没有发现类似的结果(Willems et al., 2011)。越来越多的 TMS 研究揭示了运动区域对特定类型动作相关词汇判断任务中反应时的影响,证明了运动皮层在动作词语义处理中的因果关系。

神经心理学患者的研究是证明特定脑区对认知加工的因果关系的黄金标准。如果大脑中某一区域的损伤会影响患者对特定词汇的语义处理,而这种处理缺陷在对照词汇类别中不存在,并且在健康被试或其它脑区损伤的对照被试中不存在这种分离,那么可以说这一脑区与这种特定类型词汇的语义处理具有因果关系(Dreyer et al., 2020)。大脑不同部位的损伤是否会影响对词汇的语义处理,甚至表现为对特定词类的缺陷,Dreyer 等(2020)研究一组患有局部损伤的神经病学患者,被试执行词汇判断任务,材料涉及工具名词、食物名词和动物名词。结果显示,背侧中央前回和中央后回灰质和白质区域损伤的患者,表现出对工具名词语义处理的缺陷;外侧裂额下皮层和/或颞叶损伤的患者在所有测试的类别词中均表现出类似的缺陷;并且,在健康对照组被

试中没有发现任何类别特异性差异。

以往的研究发现,运动脑区的损伤导致了在处理与身体动作相关语义单词时的特定缺陷。语义性痴呆的一个特点是影响所有词类的语义处理,但在处理身体部位相关词时,患者对面部动作词和言语行为动词的处理比手部动作相关词的表现更差(Pulvermüller et al., 2010)。一个可能的解释是,语言脑区与面部表征皮层的连接程度高于语言脑区与手部表征皮层的连接程度。对情绪词汇的语义处理通常会激活与面部动作相关的运动皮层,研究通过比较健康被试和自闭症谱系障碍患者处理情感词汇、抽象动词和动物名称的表现。结果发现,与健康被试相比,自闭症谱系障碍患者在理解情感词汇时,在运动皮层和扣带回引起的激活程度有所下降(Moseley et al., 2015)。TMS和脑损伤患者的研究结果表明了,身体动作词语义理解与感觉运动脑区的激活具有因果性关系。

## 5 总结与展望

综上所述,对于身体动作词语义理解的具身性研究已经形成以下几点共识。首先,来自fMRI的证据表明,涉及身体不同部位的相关词,如手部、口部、面部和脚部动作词在语义处理过程中共同激活了感觉运动皮层,并且不同身体部位相关词特异性激活感觉运动皮层,与大脑躯体运动感觉分布图对应;其次,采用时间分辨率更高的EEG和MEG研究发现,运动脑区在刺激材料呈现200毫秒左右时开始激活,而这个时间段是在语义处理N400之前的,因此感觉运动脑区参与了身体动作词语义理解的过程,表现为内隐模拟而非运动表象;最后,TMS和脑损伤的研究表明感觉运动脑区激活与身体动作词语义处理具有因果关系的证据,运动脑区的损伤导致了对动作相关词语义理解的缺陷。在整合了身体动作词语义理解的相关研究及其成果的基础上,未来关于身体动作词语义理解具身性的研究可以关注以下两个方面:

首先,研究身体动作词语义理解的“具身程度”而非“具身与否”。相关研究已经明确了感觉运动脑区以功能性作用参与了身体动作词的语义处理,并且身体动作词特异性激活了身体部位运动皮层。然而,有些研究结果并没有得出类似的结论,并对不同身体动作词引起的特异性激活存在疑问(Postle et al., 2008)。结合以往研究,可能与下述两个因素有关。(1)不同研究中所用材料的具身性程度不一

致。一些研究选择的是明确指示某个身体部位的动作词,如手部、口部、面部或脚部(Hauk et al., 2004; Pulvermüller et al., 2009; Willems et al., 2010);一些研究使用的是包含手部、口部、面部或脚部动作的短语(苏得权等, 2013);而一些研究使用的是涉及工具的动作词(Yang et al., 2011)。而动作动词的具身性会调节运动系统的激活,明显涉及身体运动部位的动词比没有涉及具体运动部位的动词在感觉运动脑区诱发了更大的激活(van Dam et al., 2010)。(2)不同研究中任务不一致。不同身体动作词特异性激活运动脑区的一个前提是,被试在实验任务中完成了词汇通达。以往身体动作词语义理解具身性的研究有采用词汇判断任务(Hauk et al., 2004; Willems et al., 2010)、快速阅读任务(Yang et al., 2011)、Go/No go语义判断任务(苏得权等, 2013)以及被动阅读任务(Hauk & Pulvermüller, 2004)。在不同的任务中,被试词汇通达的程度显然是不一致的,语义处理对任务的需求是非常敏感的,因此,未来有必要系统的研究任务调节对身体动作词语义处理的影响。有太多的因素会影响语言和运动表征,从刺激材料的差异、单词和句子表达动作的确切范围、到被试群体间感觉运动经验的差异等。指望相关研究获得完全一致的结果是不合理的,解决身体动作词语义理解具身性研究差异的正确问题可能不是“具身化与否”而是“具身到什么程度”(Hauk & Tschentscher, 2013)。

其次,研究相关语言疗法在临床患者机能恢复中所起的作用。以往研究聚焦在相关脑区损伤带来的语言处理缺陷(Pulvermüller et al., 2010),最近的研究开始将重点放在语言学习和动作训练对大脑恢复作用,研究表明动作训练可以诱导大脑特定区域的结构可塑性改变,促进神经元之间特异功能连通性增强(Bechtold et al., 2019)。在此基础上,研究人员将目光放在了临床患者的康复训练上,目前的研究成果主要集中在强化语言动作疗法(Intensive Language Action Therapy, ILAT),如慢性失语症患者在接受ILAT治疗后左半球语言功能恢复成功(MacGregor et al., 2015)和ILAT可以有效改善中风失语症患者的临床语言能力(Mohr et al., 2016),也有研究使用康复游戏对失语症患者进行强化身体治疗,结果证明了失语症康复游戏系统有效的改善了失语症患者的语言和交流能力(Grechuta et al., 2019)。随着技术的进步,未来的研究者可以使用

神经计算模型,通过联想学习模拟动作和知觉中的语义学习和符号基础(Tomasello et al., 2018),来更加清晰地展示身体动作词语义理解中的具身性效应。

### 参考文献

- 苏得权,钟元,曾红,叶浩生.(2013). 汉语动作成语语义理解激活脑区及其具身效应:来自 fMRI 的证据. *心理学报*, 45(11), 1187 – 1199.
- 叶浩生.(2019). 身体的教育价值:现象学的视角. *教育研究*, 40(10), 41 – 51.
- 张钦,丁锦红,郭春彦,王争艳.(2003). 名词与动词加工的 erp 差异. *心理学报*, 35(6), 753 – 760.
- Bechtold, L., Ghio, M., Antoch, G., Turowski, B., Wittsack, H. J., Tettamanti, M., & Bellebaum, C. (2019). How words get meaning: The neural processing of novel object names after sensorimotor training. *Neuroimage*, 197, 284 – 294.
- Buccino, G., Lui, F., Canessa, N., Patteri, I., Lagravinese, G., Benuzzi, F., ... Rizzolatti, G. (2004). Neural circuits involved in the recognition of actions performed by nonconspicuous: An fMRI study. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 16(1), 114 – 126.
- Buccino, G., Riggio, L., Melli, G., Binkofski, F., Gallese, V., & Rizzolatti, G. (2005). Listening to action – related sentences modulates the activity of the motor system: A combined TMS and behavioral study. *Brain Research: Cognitive Brain Research*, 24(3), 355 – 363.
- Crawcour, S., Bowers, A., Harkrider, A., & Saltuklaroglu, T. (2009). Mu wave suppression during the perception of meaningless syllables: EEG evidence of motor recruitment. *Neuropsychologia*, 47(12), 2558 – 2563.
- Dreyer, F. R., Picht, T., Frey, D., Vajkoczy, P., & Pulvermüller, F. (2020). The functional relevance of dorsal motor systems for processing tool nouns – evidence from patients with focal lesions. *Neuropsychologia*, 141, 107384.
- Gallese, V., & Lakoff, G. (2005). The brain's concepts: The role of the sensory – motor system in conceptual knowledge. *Cognitive Neuropsychology*, 22(3), 455 – 479.
- Grechuta, K., Rubio Ballester, B., Espin Munne, R., Usabiaga Bernal, T., Molina Hervas, B., Mohr, B., ... Verschure, P. (2019). Augmented dyadic therapy boosts recovery of language function in patients with nonfluent aphasia. *Stroke*, 50(5), 1270 – 1274.
- Hauk, O., Davis, M. H., Ford, M., Pulvermüller, F., & Marslen-Wilson, W. D. (2006). The time course of visual word recognition as revealed by linear regression analysis of ERP data. *Neuroimage*, 30(4), 1383 – 1400.
- Hauk, O., Johnsrude, I., & Pulvermüller, F. (2004). Somatotopic representation of action words in human motor and premotor cortex. *Neuron*, 41(2), 301 – 307.
- Hauk, O., & Pulvermüller, F. (2004). Neurophysiological distinction of action words in the fronto – central cortex. *Human Brain Mapping*, 21(3), 191 – 201.
- Hauk, O., & Tschentscher, N. (2013). The body of evidence: What can neuroscience tell us about embodied semantics? *Frontiers in Psychology*, 4, 50.
- Kemmerer, D., Castillo, J. G., Talavage, T., Patterson, S., & Wiley, C. (2008). Neuroanatomical distribution of five semantic components of verbs: Evidence from fMRI. *Brain and Language*, 107(1), 16 – 43.
- MacGregor, L. J., Difrancesco, S., Pulvermüller, F., Shtyrov, Y., & Mohr, B. (2015). Ultra – rapid access to words in chronic aphasia: The effects of intensive language action therapy (ILAT). *Brain Topography*, 28(2), 279 – 291.
- Mohr, B., MacGregor, L. J., Difrancesco, S., Harrington, K., Pulvermüller, F., & Shtyrov, Y. (2016). Hemispheric contributions to language reorganisation: An MEG study of neuroplasticity in chronic post stroke aphasia. *Neuropsychologia*, 93(Pt B), 413 – 424.
- Moreno, I., de Vega, M., & Leon, I. (2013). Understanding action language modulates oscillatory mu and beta rhythms in the same way as observing actions. *Brain & Cognition*, 82(3), 236 – 242.
- Moseley, R. L., & Pulvermüller, F. (2018). What can autism teach us about the role of sensorimotor systems in higher cognition? New clues from studies on language, action semantics, and abstract emotional concept processing. *Cortex*, 100, 149 – 190.
- Moseley, R. L., Shtyrov, Y., Mohr, B., Lombardo, M. V., Baron-Cohen, S., & Pulvermüller, F. (2015). Lost for emotion words: What motor and limbic brain activity reveals about autism and semantic theory. *Neuroimage*, 104, 413 – 422.
- Postle, N., McMahon, K. L., Ashton, R., Meredith, M., & de Zubicaray, G. I. (2008). Action word meaning representations in cytoarchitecturally defined primary and premotor cortices. *Neuroimage*, 43(3), 634 – 644.
- Pulvermüller, F. C. – P., Elisa, D., Clare, H., Olaf, N., Peter, J., & Patterson, K. (2010). The word processing deficit in semantic dementia: All categories are equal, but some categories are more equal than others. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 22(9), 2027 – 2041.
- Pulvermüller, F., Harle, M., & Hummel, F. (2001). Walking or talking? Behavioral and neurophysiological correlates of action verb processing. *Brain and Language*, 78(2), 143 – 168.
- Pulvermüller, F., Hauk, O., Nikulin, V. V., & Ilmoniemi, R. J.

- (2005). Functional links between motor and language systems. *The European Journal of Neuroscience*, 21 (3), 793 – 797.
- Pulvermüller, F., Kherif, F., Hauk, O., Mohr, B., & Nimmo-Smith, I. (2009). Distributed cell assemblies for general lexical and category – specific semantic processing as revealed by fMRI cluster analysis. *Human Brain Mapping*, 30 (12), 3837 – 3850.
- Raposo, A., Moss, H. E., Stamatakis, E. A., & Tyler, L. K. (2009). Modulation of motor and premotor cortices by actions, action words and action sentences. *Neuropsychologia*, 47 (2), 388 – 396.
- Repetto, C., Colombo, B., Cipresso, P., & Riva, G. (2013). The effects of rTMS over the primary motor cortex: The link between action and language. *Neuropsychologia*, 51 (1), 8 – 13.
- Scorolli, C., & Borghi, A. M. (2007). Sentence comprehension and action: Effector specific modulation of the motor system. *Brain Research*, 1130 (1), 119 – 124.
- Tomasello, R., Garagnani, M., Wennekers, T., & Pulvermüller, F. (2018). A neurobiologically constrained cortex model of semantic grounding with spiking neurons and brain – like connectivity. *Frontiers in Computational Neuroscience*, 12, 88.
- van Dam, W. O., Rueschemeyer, S. A., & Bekkering, H. (2010). How specifically are action verbs represented in the neural motor system: An fMRI study. *Neuroimage*, 53 (4), 1318 – 1325.
- Willems, R. M., Labruna, L., D'Esposito, M., Ivry, R., & Casasanto, D. (2011). A functional role for the motor system in language understanding: Evidence from theta – burst transcranial magnetic stimulation. *Psychology Science*, 22 (7), 849 – 854.
- Willems, R. M., Toni, I., Hagoort, P., & Casasanto, D. (2010). Neural dissociations between action verb understanding and motor imagery. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 22 (10), 2387 – 2400.
- Wu, C. Y., Ho, M. H., & Chen, S. H. (2012). A meta – analysis of fMRI studies on Chinese orthographic, phonological, and semantic processing. *Neuroimage*, 63 (1), 381 – 391.
- Yang, J., Shu, H., Bi, Y., Liu, Y., & Wang, X. (2011). Dissociation and association of the embodied representation of tool – use verbs and hand verbs: An fMRI study. *Brain and Language*, 119 (3), 167 – 174.

## The Role of the Body in Semantic Processing from the Perspective of Embodied Cognition: With Research Method as the Clue

Liu Ying Su Dequan

(College of Education, Research Center of Psychology and Brain Science, Guangzhou University, Guangzhou 510006)

**Abstract:** Embodied cognition holds that higher mental processes such as concept formation and language understanding are essentially based on perception and movement experience. Neuroimaging studies of semantic understanding have found that understanding body movement words activates a sensorimotor brain region that governs this part of the body. Understanding the hand, foot and facial movement words can activate the sensorimotor brain regions that dominate the hands, feet and face, reflecting a coupling effect between the brain regions activated by the semantic understanding of body movement words and the brain regions activated by real body movements. The results of clinical and transcranial magnetic stimulation show that the activation of sensorimotor cortex has a causal effect on word meaning processing of body movements. Future research should focus on the embodied understanding of body movement words and the role of related speech therapy in functional recovery in clinical patients.

**Key words:** body action words; embodied cognition; semantic processing; brain mechanisms