

# 示能性：基于镜像神经元视角的理解\*

周爱保<sup>\*\*1</sup> 申莎<sup>1,2</sup> 蒋强

(<sup>1</sup>西北师范大学心理学院, 兰州, 730070) (<sup>2</sup>西北民族大学教育科学与技术学院, 兰州, 730124)

(<sup>3</sup>美国密苏里大学哥伦比亚分校心理学院, 哥伦比亚, 65211)

**摘要** 示能性(affordance)概念解释了人的行为与物体功能之间互动、互补的关系。但是, 有关示能性生理基础却很少被提及。镜像神经元的发现为示能性生理基础提供了可能的解释。文章根据研究将示能性分为结构示能性和功能示能性, 探讨了不同示能性和镜像神经元之间的关系, 并提出不同神经通路中的镜像神经元是示能性生理基础的结论。背-背侧分流中的镜像神经元是结构示能性的神经基础, 而腹-背侧分流中的镜像神经元是功能示能性的神经基础。

**关键词** 示能性 镜像神经元 背侧流 腹侧流

自詹姆斯·吉布森(James Jerome Gibson)提出示能性(affordance)概念后, 对心物关系探讨在认知和人机交互领域引起了广泛重视和研究。它的发现为深入了解人类同物体之间的互动提供了一种新的视角。然而, 有关示能性的生理基础却很少被讨论, 镜像神经元的发现及与示能性之间可能存在的关系为回答这一问题提供了一种新视角(Thill, Caligiore, Borghi, Ziemke, & Baldassarre, 2013)。如果能够从镜像神经元的角度进一步探讨示能性更加精确的神经基础, 对于进一步解释人类心理行为现象也是很有意义的。

## 1 示能性的概念、分类

“affordance”最早由吉布森在观察人们怎么知觉周围环境时提出(Gibson, 1979)。吉布森在解释“affordance”时给出了这样的例子: 若存在表面平整、坚硬且足够宽敞的地面, 那么它就提供给动物站立、行走的行为可能性。环境或物体提供的这种行为可能性就是“affordance”(Caiani, 2014)。这里的水平, 光滑, 延伸和坚固都是一种客观的属性并能被度量, 但若单以物理学去衡量便失去了意义, 因为它们所提供的“affordance”必须与动物产生交互作用才有意义, 所以它又是主观的。对“affordance”的翻译应能诠释物体和动物的交互性。“affordance”是动词“afford”(提供)的名词形式, 物体的“affordance”

就是该物体所展示出来的提供给有机体如何作用于自身的“行为可能性”(Sakreida et al., 2016), 所以将它翻译为“示能性”较为合适。

物体提供给有机体众多示能性(Gianelli, Scorolli, & Borghi, 2013), 示能性作为物体提供给有机体的行为可能性, 可根据人们对物体操作的动作对其分类。人们对物体操作的动作有两种: 与物体结构属性有关的动作即结构性动作和与物体经典功能使用有关的动作即功能性动作(Bub, Masson, & Cree, 2008)。对一些物体来说, 两种动作是一样的。如抓握一个马克杯和从杯子里喝水。而对另一些物体来说, 两种动作是不一样的。如人类对计算器有着‘按压’的功能性动作和‘抓握’的非功能性动作。根据这两种分类可把示能性分为结构示能性和功能示能性。Binkofski 和 Buxbaum (2013)以及 Borghi, Flumini, Natraj 和 Wheaton (2012)的研究为结构示能性和功能示能性的存在提供了证据。根据研究可将示能性分为结构示能性(structural affordance)及功能示能性(functional affordance)。结构示能性基于个体对当前呈现物体视觉信息的在线处理, 也称可变示能性(variable affordance); 功能示能性基于个体已有的经验, 建立在物体被熟练使用的行为表征基础上, 也称稳定示能性(Sakreida et al., 2016)。

## 2 镜像神经元的发现及其理论模型

\* 本研究得到国家自然科学基金项目“自我边界的结构、功能及其神经基础”(31160204)和中央高校项目“少数民族大学生学习能力的调查研究”(31920140014)的资助。

\*\* 通讯作者: 周爱保。E-mail:zhouab@nwnu.edu.cn

DOI:10.16719/j.cnki.1671-6981.20170609

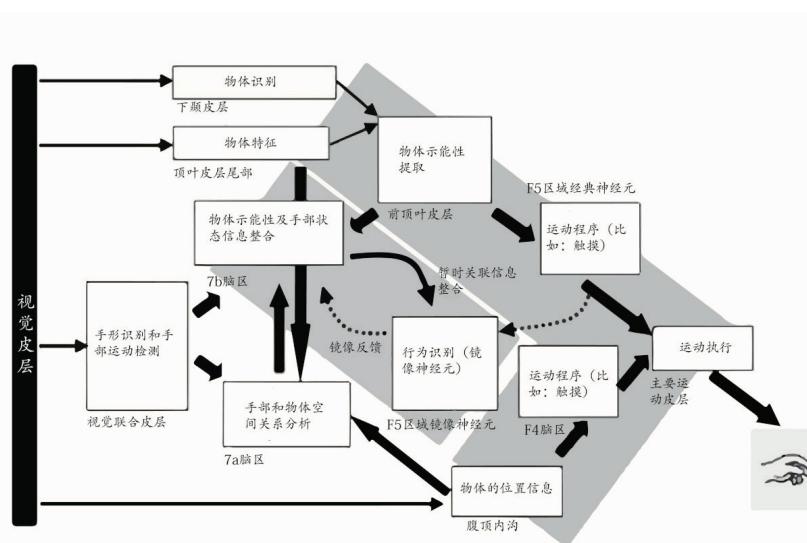


图1 镜像神经元系统模型 (Oztop & Arbib, 2002)

镜像神经元是学者在研究恒河猴单个神经元激活情况时发现的，在研究者偶然捡起一个物体时恒河猴的记录数据发生了变化，即当恒河猴看到研究者的某种行为时神经元产生了激活。这些在恒河猴执行和被动观察类似动作时均发生激活 (Casile, 2013) 的神经元被称为镜像神经元，因为它们能像镜子一样将感知的行为影像投射到运动系统中 (Williams, 2013)。由于伦理和技术原因无法直接对人类是否存在镜像神经元进行考证 (陈巍, 汪寅, 2015)，但学者们已经通过诸如 fMRI、核磁共振等方法间接验证人脑中存在同猴子功能类似的镜像神经元 (Mukamel, Ekstrom, Kaplan, Iacoboni, & Fried, 2010)。这些具有类似镜像属性的脑区被统称为镜像神经元系统 (MNS: mirror neurons system)，主要包括前运动皮层和顶下小叶。

镜像神经元系统模型是将镜像神经元和示能性结合起来解释镜像神经元的模型 (Oztop & Arbib, 2002)。该模型认为镜像神经元系统由三个子图式构成 (如图1所示)。第一个称为“接触和抓握图示”。该子图示中，前顶叶皮层负责抽取物体示能性信息并将其传递至 F5 区产生抓握或触摸的行为。第二个称为“手部状态视觉分析图示”。该子图示处理从前顶叶皮层得到的物体示能性信息，即先进行手部形状认知和手部运动检测并在此基础上计算手和物体之间的关系。第三个称为“核心镜像通路”，由 F5 区域的镜像神经元形成，是该模型中最重要的子图示。该子图示负责把视觉输入和由镜像神经

元组成的负责行为识别的 F5 区域进行整合。

### 3 示能性与镜像神经元：基于不同神经通路的理解

综上所述，镜像神经元是行为目标产生的生理基础，示能性是物体提供有机体的行为机会。所以，镜像神经元可能是示能性的生理基础。Thill 等人 (2013) 已指出两者之间可能存在相关，但他们仅进行了一个大的框架性分析，本研究则对具体示能性分类进行分析，更加明确化和结构化。

示能性概念的提出为深入了解人类同物体之间的互动行为提供了一种新的视角。以往有关示能性的研究说明示能性与行为目标表征之间的关系 (Borghini et al., 2012; Thill et al., 2013)。Borghini 等人 (2012) 进行了这样一个实验：实验者先呈现给被试两种经常同时出现并具有功能相关的物体 (叉子和草莓)，两种经常同时出现但仅存在空间相关的物体 (叉子和刀子) 和几乎没有任何关系的物体 (叉子和网球)，接着呈现一只接近、抓握或操纵物体的手。被试要通过按键判断呈现的两个物体是否经常被一同见到或被一同使用。结果发现：在呈现具有功能相关物体情境下，被试看到基于物体形状的手势时反应时和正确率最差。这是由于被试推断的行为目标和当前情境的不匹配导致的，说明示能性同行为的目标表征相关。以往对示能性的研究更多注重其在人工智能领域的应用，而较少关注心物关系。示能性视域的介入对于我们更好了解人的心理

和物理之间的关系提供了新的视角。

镜像神经元的发现使学者们开始思考镜像神经元与行为目标表征之间的关系 (Caramazza, Anzellotti, Strnad, & Lingnau, 2014)。Fogassi 等人 (2005) 通过研究发现当猴子执行和观察行为的时候顶下小叶的大多数镜像神经元被激活。另外，他们还发现猴子大脑中的一些镜像神经元同一些行为隐含的高阶目标存在相关，这就说明镜像神经元与不同抽象水平的目标息息相关 (Thill et al., 2013)。随后，Umiltà 等人 (2008) 进行了这样的研究：训练猴子使用呈现方式不同的工具（正常的钳子和翻转后的钳子）来抓握物体。当猴子学会任务后，记录它们在使用这两种钳子进行抓握时候 F5 和 F1 区域的神经元活动。结果发现猴子的镜像神经元不仅在其用手和正常钳子抓握食物时被激活，在其观察这些行为时也被激活。同样的情况也出现在当猴子使用“翻转”后的钳子通过不同的运动模式来获取物体以及观察实验者用牙签获取食物时。说明，这两个区域的镜像神经元同行目标相关。同样，来自人类镜像神经元的研究也证实了这一点。Mukamel 等人 (2010) 记录了癫痫症患者的单级细胞活动，发现他们额叶与颞叶区域的一系列镜像神经元在其视觉观察和执行抓握行为时均被激活。

示能性被认为存在于背侧流中，既然存在不同示能性，那它们应被背侧流中的不同神经通路所支持 (Sakreida et al., 2016)。人类背侧流中存在功能与结构不同的分支流通路，即背 - 背侧分流 (dorsodorsal stream) 和腹 - 背侧分流 (ventro-dorsal stream) (Binkofski & Fink, 2005; Rottschy et al., 2013) (如图 2 所示)。其中：顶内沟，缘上回和角回是 MNS 的组成部分。

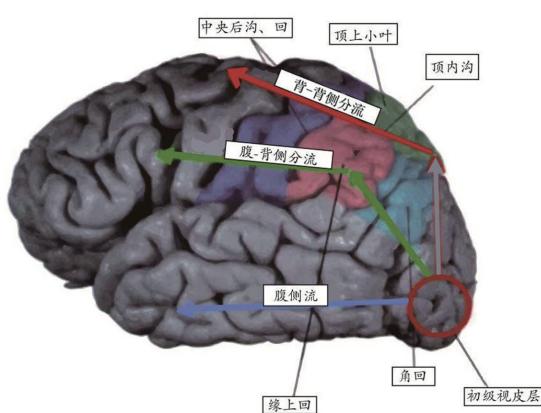


图 2 背 - 背侧分流和腹 - 背侧分流 (Binkofski & Fink, 2005)

### 3.1 背 - 背侧分流与结构示能性

背 - 背侧分流是一种处理视觉信息的通路，用于处理同行为相关的在线信息。Binkofski 等人 (2003) 通过 PET 技术发现当个体接触镜子中呈现出不同位置的物体时背 - 背侧分流被激活。背 - 背侧分流区域受损带来的主要障碍是视觉性共济失调，主要特征是个体无法准确触摸视野中呈现的物体。患有视觉性共济失调的患者在抓握行为中 (Tunik, Frey, & Grafton, 2005) 表现出在线运动控制障碍，即对基于物体结构示能性信息处理的能力丧失。说明背 - 背侧分流主要处理的是基于物体在线呈现的视觉信息，即结构示能性。

### 3.2 腹 - 背侧分流与功能示能性

腹 - 背侧分流处理的是一种离线信息，即通过长期使用物体所形成表征的感知运动信息。腹 - 背侧分流区域损伤会导致个体基于物体熟练使用所形成的行为障碍，主要表现为肢体失用，即与物体功能发挥有关的行为障碍。大量研究证明肢体失用患者在其肢体和目标物可见的情况下其抓握和触摸行为表现正常，而当其被要求执行离线行为的时候 (比如物体被掩盖起来) 行为效能下降 (Vingerhoets, Nys, Honore, Vandekerckhove, & Vandemaele, 2013)。说明腹 - 背侧分流处理的是基于物体如何使用的示能性信息，即功能示能性。

### 3.3 不同示能性与镜像神经元激活区域的重合

MNS 的主要区域为前运动皮层和顶下小叶。结构示能性激活背 - 背侧分流的区域有顶上小叶和顶内沟 (Krolczak, McAdam, Quinlan, & Culham, 2008)；功能示能性激活腹 - 背侧分流的区域有顶下小叶中的顶内沟前部和腹侧前运动皮层前部 (Boronat et al., 2005)。其中，顶内沟，顶下小叶中的顶内沟前部和腹侧前运动皮层前部均位于 MNS 内。同样证据来源于 Sakreida 等人 (2016) 对不同示能性处理过程的元分析，他们发现稳定示能性和可变示能性激活的区域包括顶内沟，顶下小叶中的顶内沟前部和腹侧前运动皮层前部。由此可知，结构示能性和功能示能性的激活区域均在 MNS 激活范围内。

综上所述，背 - 背侧分流和腹 - 背侧分流，分别处理基于物体结构的示能性信息和基于物体功能的示能性信息。镜像神经元与示能性之间可能存在一定的关系 (Thill et al., 2013)，那镜像神经元可能是示能性的生理基础。同时，不同示能性激活区域与 MNS 重合。所以，可推测不同神经元通路中的

镜像神经元是不同示能性产生的基础，即背 - 背侧分流中的镜像神经元是结构示能性的生理基础，腹 - 背侧分流中的镜像神经元是功能示能性的生理基础。

#### 4 问题与展望

人类行为和心理适应性是进化的产物，人类进化可分为结构进化和心理进化，结构进化是人类为了生存和繁衍产生的身体构造的变化；而心理进化是人类在与环境产生互动过程中产生的相应变化。示能性则与人类这种心理的进化有关，即当人类的心理结构不断进化从而能更好的发现环境和物体的示能性也就意味人类更容易利用环境和物体。自示能性概念提出开始，学者们始终将焦点放在它的应用上，但实证研究还相当缺乏。尽管，文章已经指出了不同示能性有不同的生理基础，但仍缺少直接的解剖学，生理学和神经科学证据，未来的研究应该从该方面入手。另外，在日常生活中，结构示能性和功能示能性不是绝对独立而是通过相互作用来影响我们的行为。这就引出一个新的思考：是否存在一个更加整合的机制，将这两种示能性信息进行整合从而影响我们的行为？未来的研究应进一步考察该机制是否存在以及怎样起作用。其次，研究已经指出物体的示能性不仅影响个体自身的行为，还会影响对他人行为的知觉（Bach, Bayliss, & Tipper, 2011），但究竟这种对他人行为知觉的影响是以背 - 背侧分流和腹 - 背侧分流中的镜像神经元为生理基础还是整合了其它生理基础则需要进一步研究。

#### 参考文献

- 陈巍, 汪寅. (2015). 镜像神经元是认知科学的“圣杯”吗? *心理科学*, 38(1), 237–242.
- Bach, P., Bayliss, A. P., & Tipper, S. P. (2011). The predictive mirror: Interactions of mirror and affordance processes during action observation. *Psychonomic Bulletin and Review*, 18(1), 171–176.
- Binkofski, F., Butler, A., Buccino, G., Heide, W., Fink, G., Freund, H. J., et al. (2003). Mirror apraxia affects the peripersonal mirror space. A combined lesion and cerebral activation study. *Experimental Brain Research*, 153(2), 210–219.
- Binkofski, F., & Buxbaum, L. J. (2013). Two action systems in the human brain. *Brain and Language*, 127(2), 222–229.
- Binkofski, F., & Fink, G. (2005). Apraxien. *Der Nervenarzt*, 76(4), 493–512.
- Borghi, A. M., Flumini, A., Natraj, N., & Wheaton, L. A. (2012). One hand, two objects: Emergence of affordance in contexts. *Brain and Cognition*, 80(1), 64–73.
- Boronat, C. B., Buxbaum, L. J., Coslett, H. B., Tang, K., Saffran, E. M., Kimberg, D. Y., et al. (2005). Distinctions between manipulation and function knowledge of objects: Evidence from functional magnetic resonance imaging. *Cognitive Brain Research*, 23(2–3), 361–373.
- Bub, D. N., Masson, M. E. J., & Cree, G. S. (2008). Evocation of functional and volumetric gestural knowledge by objects and words. *Cognition*, 106(1), 27–58.
- Caiani, S. Z. (2014). Extending the notion of affordance. *Phenomenology and the Cognitive Sciences*, 13(2), 275–293.
- Caramazza, A., Anzellotti, S., Strnad, L., & Lingnau, A. (2014). Embodied cognition and mirror neurons: A critical assessment. *Annual Review of Neuroscience*, 37, 1–15.
- Casile, A. (2013). Mirror neurons (and beyond) in the macaque brain: An overview of 20 years of research. *Neuroscience Letters*, 540(6), 3–14.
- Fogassi, L., Ferrari, P. F., Gesierich, B., Rozzi, S., Chersi, F., & Rizzolatti, G. (2005). Parietal lobe: From action organization to intention understanding. *Science*, 308(5722), 662–667.
- Gianelli, C., Scorolli, C., & Borghi, A. M. (2013). Acting in perspective: The role of body and language as social tools. *Psychological Research*, 77(1), 40–52.
- Gibson, J. J. (1979). *The ecological approach to visual perception*. Boston: Houghton Mifflin.
- Sakreida, K., Effnert, I., Thill, S., Menz, M. M., Jirak, D., Eickhoff, C. R., et al. (2016). Affordance processing in segregated parieto-frontal dorsal stream sub-pathways. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 69, 89–112.
- Kroliczak, G., McAdam, T. D., Quinlan, D. J., & Culham, J. C. (2008). The human dorsal stream adapts to real actions and 3D shape processing: A functional magnetic resonance imaging study. *Journal of Neurophysiology*, 100(5), 2627–2639.
- Mukamel, R., Ekstrom, A. D., Kaplan, J., Iacoboni, M., & Fried, I. (2010). Single-neuron responses in humans during execution and observation of actions. *Current Biology*, 20(8), 750–756.
- Oztop, E., & Arbib, M. A. (2002). Schema design and implementation of the grasp-related mirror neuron system. *Biological Cybernetics*, 87(2), 116–140.
- Rottschy, C., Caspers, S., Roski, C., Reetz, K., Dogan, I., Schulz, J. B., et al. (2013). Differentiated parietal connectivity of frontal regions for “what” and “where” memory. *Brain Structure and Function*, 218(6), 1551–1567.
- Thill, S., Caligiore, D., Borghi, A. M., Ziemke, T., & Baldassarre, G. (2013). Theories and computational models of affordance and mirror systems: An integrative review. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 37(3), 491–521.
- Tunik, E., Frey, S. H., & Grafton, S. T. (2005). Virtual lesions of the anterior intraparietal area disrupt goal-dependent on-line adjustments of grasp. *Nature Neuroscience*, 8(4), 505–511.
- Umlita, M. A., Escola, L., Intskirveli, I., Grammont, F., Rochat, M., Caruana, F., et al. (2008). When pliers become fingers in the monkey motor system. *Proceedings of the National Academy of Science*, 105(6), 2209–2213.
- Vingerhoets, G., Nys, J., Honore, P., Vandekerckhove, E., & Vandemaele, P. (2013). Human left ventral premotor cortex mediates matching of hand posture to objects use. *PLoS ONE*, 8(7), e70480.
- Williams, J. H. G. (2013). The mirror or portrait neuron system—time for a more organic model of action-coding? *Cortex*, 49(10), 2962–2963.

# Affordance: A Perspective from Mirror Neurons

Zhou Aibao<sup>1</sup>, Shen Sha<sup>12</sup>, Jiang Qiang<sup>3</sup>

(<sup>1</sup>School of Psychology, Northwest Normal University, Lanzhou, 730070)(<sup>2</sup>School of educational science and technology, Northwest University for Nationalities, Lanzhou, 730124) (<sup>3</sup>School of Psychology, Missouri University, Columbia, MO 65211 )

**Abstract** In 1979, Gibson first introduced the term “affordance”, which refers to the behavior possibility that an environment provides to the process of the interaction between individuals and an environment. The relationship between the objects and the mind caused attention and research in the field of cognitive and human-computer interaction. Substantial evidence on affordance came from the field of neuroscience and behavioral science. On the neuroscience side, studies of brain imaging revealed that when an individual was observing an object some cortices activated. For example, in the process of perception of tools’ affordance that promoter and parietal cortices activate. On the behavioral side, compatibility paradigms were used to investigate the issues of affordance. For example, individuals with a precision grip responded faster than those with a power grip. However, the physiological basis of affordance remains unknown. Fortunately, the finding of mirror neurons contributes to explaining the physiological mechanisms of affordance. Mirror neurons refer to the neurons that fire when an animal observes and acts in the same way as another. These neurons were observed not only in monkeys not but also in humans. In humans, the cortices involving in mirror neurons are premotor cortex and the inferior parietal lobule. The potential relationship between mirror neurons and affordance provide a new view to further answer this question and to understand the physiological basis of the affordance. Further exploration of more accurate neural basis of affordance from the perspective of mirror neurons is beneficial for us to deeply make sense of the phenomenon of human psychological behavior. Objects do not elicit only one kind of affordance but multiple affordances. An object activates affordance related with grasping or touching (such as object size and orientation) and affordance related to how to facilitate its function. Firstly, different kinds of affordances ranging from structural affordance and functional affordance are introduced. Structural affordance relates to properties of objects that can vary (such as the orientation and angle of an object), and functional affordance relates to properties of objects that keep constant between different experiences of individuals (such as the way to catch a cup). Then, the relations between different kinds of affordance and mirror neurons are analyzed. Mirror neurons are the physiological basis of behavioral goals, and affordance can be regarded as the behavioral possibility that can be used by humans. The mirror neuron system includes the neural pathways of the model that illustrate affordance and the model of the mirror neurons also contains the process of extraction affordance. So, mirror neurons may be the physiological basis of affordance. Thirdly, the proposed assumptions of the mirror neurons existing in different neural pathways are the physiological basis of affordance. Anatomical studies pointed out that affordance related to the pathways in a single dorsal stream and two different streams (dorso-dorsal stream and ventro-dorsal stream) actually exist in dorsal streams. Furthermore, dorso-dorsal streams serves the on-line visual information of objects and ventro-dorsal stream facilitates how to use the objects. It is suggested that mirror neurons in the dorso-dorsal stream serve as structural affordance and mirror neurons in the ventro-dorsal stream serve functional affordance.

**Key words** affordance,mirror neurons,dorso-dorsal stream,ventro-dorsal stream