

语义记忆的组织方式——来自语义范畴特异性现象的证据

■ 林楠, 毕彦超, 韩在柱

【摘要】 本文综述了人们通过语义范畴特异性 (semantic category-specific) 现象研究语义记忆组织方式的最新进展。语义范畴特异性现象的脑机制研究证明语义记忆表征存在多个相对独立的子系统中。这些子系统很可能是按照语义领域和(或)感觉、运动加工通道组织的, 并可能与感觉、运动、心理理论等认知系统存在特定的结构和功能联系。

【关键词】 脑损伤; 语义学; 记忆障碍; 模型, 理论

Organization of Semantic Memory: Evidence from Category-specific Processing Patterns

LIN Nan, BI Yan-Chao, HAN Zai-Zhu. State Key Laboratory of Cognitive Neuroscience and Learning, Beijing Normal University, Beijing 100875, China

Corresponding Author: HAN Zai-Zhu, E-mail: zzhhan@bnu.edu.cn

【Abstract】

Theories about object conceptual representation have been advanced greatly in the past decades by neuropsychological evidence of semantic category-specific deficit following brain damage. We here review the most recent corroborating evidence from the brain-imaging paradigm on brain-damaged as well as healthy populations. The current evidence indicates that sensory-motor modalities and/or semantic categories are possible constraints on the organization of conceptual information. And these modality or category-specific semantic subsystems might have structural and functional connectivities to other cognitive components such as sensory, motor and theory of mind.

【Key Words】 Brain injuries; Semantics; Memory disorders; Models, theoretical

记忆系统是参与人类认知活动的至关重要的成分之一, 它存在两个功能不同的子成分: 情景记忆 (episodic memory) 和语义记忆 (semantic memory)^[1]。前者负责对个人亲身经历过的、在一定时间和地点发生的事件或情景的记忆, 后者则是对词汇、概念、规律等各种知识的记忆, 与特定事件并没有联系。既然语义记忆系统存储着非常繁多、重要的知识信息, 那么这些信息是如何组织起来的呢? 这便成为了研究者探索语义记忆机制的核心课题之一。

尽管自20世纪70年代以来, 人们曾提出了多种语义记忆理论, 如层次网络理论、激活扩散理论, 但随后发现的语义范畴特异性 (semantic category-specific) 损伤现象却使得人们对语义记忆的机制有了一个全新的认识^[2-3]。所谓语

义范畴特异性损伤现象是指脑损伤患者对某个语义范畴 (如生物) 的概念知识相对于其他范畴 (如人造物) 表现出特异性的认知能力下降。Warrington等^[4-5]最先报道了这种现象, 他们发现一些脑损伤患者对生物与人造物这两个语义范畴的概念存在选择性认知障碍, 即有的患者加工人造物类的知识好于生物类知识, 而有的患者却截然相反。通过剖析产生语义范畴特异性现象的原因所在, 研究者便能够在一定程度上推测出语义记忆的内部组织方式^[4-7]。国内已报道了该现象的早期研究发现和不同理论观点, 并有力推动了国内语义范畴特异性研究的进展^[8-12]。

近年来对语义记忆的研究出现了两个重要的新趋势, 使得人们对语义范畴特异性现象及语义记忆的组织方式都有了更新的认识。首先,

基金项目

中央高校基本科研业务
费专项基金资助项目

作者单位

100875 北京市
北京师范大学认知神经
科学与学习国家重点实
验室

通信作者

韩在柱
zzhhan@bnu.edu.cn

借助脑成像技术的支持,研究者对语义范畴特异性现象的脑机制有了初步了解。其次,不同研究方法(如脑损伤患者研究、脑功能成像研究)和领域(如语义记忆研究、视觉研究、心理理论研究)的研究相互影响,推动了语义记忆理论的进一步发展和彼此整合。为此,本文围绕语义记忆组织方式的两个核心问题,介绍语义范畴特异性现象的最新研究发现和理论进展,并提出今后的一些研究思路。

1 语义记忆组织方式的两个核心问题

自从语义范畴特异性现象被发现以来,关于语义记忆信息的组织方式的争论主要围绕着两个核心问题展开。其一,语义记忆系统是否由不同子系统组成;其二,如果它包含不同子系统,那么有哪些子系统。

语义整体表征理论认为,语义记忆系统不划分子系统,语义信息以语义特征的方式存储在一个统一的系统中,其内部的组织是这些语义特征共同出现频率的反映,语义范畴特异性损伤是语义记忆系统整体损伤程度的反映。例如,其中一种比较有代表性的理论——概念结构说(conceptual structure account)认为,当患者的语义记忆系统整体损伤程度较轻时,会出现生物范畴特异性损伤,但是当损伤程度严重时,便会出现人造物范畴特异性损伤^[7]。

语义分离表征理论则主张,语义记忆系统存在不同的子系统。但是,对于这些子系统的划分却出现了理论分歧。一种观点——通道特异性理论(modality-specific theory)或知识类型理论(knowledge-type theory)认为,这些子系统属于不同的信息加工通道,存储着不同类型的语义知识。其中最具代表性的理论是Warrington等^[4-5]提出的感知/功能理论(sensory/functional theory,简称SFT),主张语义记忆信息以语义特征的形式存储在感知和功能两条通道内,它们具有相对独立的神经

和功能基础。感知子系统存储着有关事物的感知性特征(如形状、颜色、声音、味道),对于表征生物类概念较重要,这类知识的选择性损伤会导致生物范畴比人造物范畴更严重的受损;功能子系统存储着有关事物的功用特征(如自身用途、与其他物体的联系),对于表征人造物类概念较重要,其特异性障碍会造成人造物范畴比生物范畴更严重的受损。另一种观点——领域特异性假说(domain-specific knowledge hypothesis)认为,不同的语义子系统分属于不同语义范畴^[6]。这种观点认为在物种进化过程中,人类能否对动物、植物等范畴的物体做出快速、有效的识别和反应,决定了他们是否能够更好地回避捕猎者、觅取食物和繁衍后代。在这种进化压力的驱使下,大脑便对那些对个体生存具有重要意义的语义范畴(即领域,包括动物、植物和人造物)分化出了在神经和功能上相对独立的子系统,某个子系统的特异性受损便会引发相应范畴的选择性认知缺陷。

2 语义组织方式的最新研究进展

2.1 语义记忆系统包含子系统:来自语义范畴特异性现象脑机制的新证据

近年来,依靠突飞猛进的脑成像技术,人们对语义范畴特异性现象的脑机制有了初步的了解,从而为人们检验语义记忆系统中是否存在子系统提供了新线索。对于语义记忆的脑机制,语义整体表征理论和语义分离表征理论有着不同的预期。语义整体表征理论认为语义范畴特异性损伤是语义系统整体损伤的反映,它预期不存在语义范畴特异性脑区;而语义分离表征理论认为特定语义子系统的损伤导致了特定语义范畴的特异性损伤,它预期大脑中存在与这些子系统对应的语义范畴特异性脑区^[13]。关于语义范畴特异性现象脑机制的研究证据目前主要来自两类方法^[14]。一类是考察脑损伤中受损功能和脑

区关系,另一类是对正常人进行功能脑成像研究。这两类研究均发现大脑中存在多处语义范畴特异性脑区,从而支持了语义分离表征理论^[13, 15, 38]。

首先,对脑损伤中受损功能和脑区关系的研究发现,生物特异性损伤主要与大脑双侧颞叶的前部内侧和下部有关,人造物特异性损伤往往与左半球背侧脑区有关,植物特异性损伤与左脑颞-枕区域的损伤有关^[15-20]。动物特异性损伤由于报告较少,其相关脑区尚未有确切定论^[6, 39]。

同时,大量的功能脑成像研究考察了正常大脑的语义范畴特异性激活情况,多项研究重复验证了的语义范畴特异性激活的脑区。脑功能脑成像研究的结果验证了脑损伤患者研究中的主要发现:生物的特异性脑区为双侧半球颞叶前部内侧,人造物的为左半球背侧的颞中回后部、顶内沟和运动前区腹侧等脑区。此外,功能脑成像研究还发现了一些新的结果,即梭状回后部的内侧和外侧分别对人造物和生物存在特异性加工,而颞上沟、枕叶内侧和枕下回对动物具有特异性加工。我们没有列举植物范畴特异性激活脑区,这是因为多数功能脑成像研

究并未发现植物的特异性激活脑区^[13, 25, 32-33, 35]。曾经有研究报告了植物特异性激活脑区位于右脑枕叶外侧,但其他脑功能成像和脑损伤研究均未能重复出该结果^[27]。见表1, 2。

上述语义范畴特异性脑区的发现,有力的支持了语义分离表征理论,证明了语义记忆子系统的存在。但需要注意的是,语义整体表征理论所提出的一些因素(例如语义特征间的相关、语义特征的独特性)在解释某些实验现象时可能仍是很重要的,因而在研究语义记忆系统及其子系统内部信息的组织方式时,这些因素仍应当引起足够的重视^[14, 40]。

2.2 语义记忆子系统理论的新进展:兼并领域和通道两种组织维度的语义理论 早期的语义范畴特异性理论普遍存在的问题是,它们试图以单一的组织维度(知识类型或语义范畴)对语义范畴特异性现象给出最简洁的解释,但均难以解释所有的研究发现^[14]。要解决这一理论问题可以有两种思路。一种思路是依靠扩充维度内的水平数提高对实验现象的解释力。例如,通过细致的划分更多知识类型提出更为完善的通道特异性理论^[40]。但至今人们尚没能

表1 语义范畴特异性激活脑区的研究结果

语义范畴	激活的脑区	所在大脑半球	参考文献
生物	梭状回后部外侧	左	[21-26]
		右	[21, 23-30]
	颞叶前部内侧	左	[31-35]
		右	[31-33]
动物	颞上沟	左	[21, 23]
		右	[21, 23-24]
	枕叶内侧	左	[21, 24, 36]
		右	[21, 24]
	枕下回	左	[21, 28]
		右	[13, 21, 28]
人造物	颞中回后部	左	[21-24, 30-31, 33-34, 36-37]
	梭状回后部内侧	左	[21, 23-24, 26, 28-30]
		右	[21, 23-24, 26, 28-30]
	运动前区腹侧	左	[24, 33, 36, 38]
	顶内沟	左	[23-24, 38]

表2 表1中引用的参考文献及其研究方法

参考文献序号	作者	出版年份	脑功能成像手段	考察的语义范畴	关键的实验任务
[13]	Tyler等	2003	PET	动物/植物/人造物	对图片刺激的语义范畴异同判断
[21]	Chao等	1999	fMRI	动物/人造物	图片观察; 图片延迟匹配; 图片命名; 词汇阅读
[22]	Perani等	1999	PET	动物/人造物	图片匹配; 词汇匹配
[23]	Beauchamp等	2002	fMRI	动物/人造物	对视觉呈现的运动和静止物体的观察和判断
[24]	Chao等	2002	fMRI	动物/人造物	图片命名
[25]	Price等	2003	PET	动物/植物/人造物	(对7项不同研究的元分析)
[26]	Devlin等	2005	fMRI	动物/人造物	对词汇刺激的语义范畴归类
[27]	Kawashima等	2001	PET	动物/植物/人造物	图片命名
[28]	Whatmough等	2002	PET	动物/人造物	图片命名
[29]	Mechelli等	2006	fMRI	动物/人造物	图片命名
[30]	Mahon等	2007	fMRI	动物/人造物	图片命名
[31]	Mummery等	1996	PET	生物/人造物	范畴流畅性
[32]	Moore等	1999	PET	动物/植物/人造物	图片命名; 图词核证
[33]	Devlin等	2002	PET	动物/植物/人造物	(对7项不同研究的元分析)
[34]	Phillips等	2002	PET	植物/人造物	对图片和词汇的属性判断
[35]	Moss等	2005	fMRI	动物/植物/人造物	图片命名
[36]	Martin等	1996	PET	动物/人造物	图片命名
[37]	Mummery等	1998	PET	生物/人造物	属性相似性判断
[38]	Chao等	2000	fMRI	动物/人造物	图片观察; 图片命名

沿此思路提出一个合理的理论模型^[14]。另一种则是提出具有多个组织维度的理论模型。其中,整合通道和领域特异性两类理论是研究者最常采用的思路^[14, 31-32]。在这种思路的指导下, Mahon和Caramazza提出的分布式领域特异性假说是这种理论的最新代表。

分布式领域特异性假说认为:语义领域(动物、植物、人类、人造物)和感觉、运动加工通道都是语义记忆系统的组织维度,语义领域是语义记忆系统第一级的组织维度,而在领域特异性子系统中存在着按照加工通道组织的二级子系统。同时,在语义记忆系统以外,语义领域也是通道特异性表征(如视觉输入表征)的组织维度。一个脑区所表现出的领域特异性既可能源自其所加工信息的领域特异性,也可能源自它与其他领域特异性脑区间的结构与功能连接^[14]。与最初的领域特异性假说相比,分布

式领域特异性假说在3个方面有较大的发展。首先,它对于语义记忆和感觉、运动系统的关系进行了深入的思考,肯定了感觉、运动加工通道是语义记忆系统的一个组织维度,从而使其可以解释更多的实验现象。其次,它明确了领域特异性子系统的脑机制,强调脑区间的功能连接是领域特异性加工的重要实现方式^[14, 31]。最后,它不断整合相关领域的研究发现,将最初针对语义记忆组织方式提出的领域特异性假说逐渐发展成为一个涵盖语义记忆、感觉、运动乃至心理理论系统等不同认知成分的理论。比如,它将语义记忆和视觉研究所发现的语义范畴特异性现象给予整合,提出语义领域是语义记忆和视觉输入系统共同的组织维度^[43]。又如,它提出人类是以往研究中被忽略的一个具有重要进化意义的语义领域,并将面孔识别、心理理论等领域的研究加以整合^[44]。

对通道和领域特异性理论进行发展和整合或许并非语义记忆理论发展唯一的方向,但是毋庸置疑的是,综合思考语义范畴特异性现象和其它相关证据,并努力将其与更多其他研究领域的发现进行整合,已经成为推动当前语义记忆研究和理论发展的重要趋势和动力。

对语义范畴特异性现象的认知和脑机制研究表明,语义记忆系统可能包含着多个子系统,这些子系统很可能是不同的加工通道和(或)语义领域。在此基础上,人们对语义记忆与其他认知成分(如视觉系统、运动系统、心理理论系统)间的关系进行了全新思考,整合了相关领域的研究成果,提出了分布式领域特异性假说等新的语义记忆理论。

认知神经科学研究技术的不断进步正在为语义记忆研究提供更多样、深入的视角和手段,不断整合新的研究发现,建立更有效的理论模型是研究者们担负的一项重要任务。在未来的研究中,对语义记忆和感觉、运动、心理理论等认知系统间关系的探讨正在最热点的问题。此外,在大量与语义记忆有关的脑区之间存在怎样的神经及功能上的联系也是一个亟待探讨的重要问题。最后,在认知神经心理学领域,新近兴起的对语义记忆通达机制特异性损伤现象的研究也很可能有助于揭示语义记忆系统内更加精细的组织方式^[45]。

参考文献

- 1 Tulving E. Episodic and semantic memory[M]// Tulving E, Donaldson W. Organization of Memory. New York:Academic Press, 1972:381-403.
- 2 Collins AM, Quillian MR. Retrieval time from semantic memory[J]. J Verbal Learning and Verbal Behavior, 1969, 8:240-247.
- 3 Collins AM, Loftus EF. A spreading-activation theory of semantic processing[J]. Psychol Rev, 1975, 82:407-429.
- 4 Warrington EK, McCarthy R. Category specific access dysphasia[J]. Brain, 1983, 106:859-878.
- 5 Warrington EK, Shallice T. Category specific semantic impairments[J]. Brain, 1984, 107:829-54.
- 6 Caramazza A, Shelton JR. Domain-specific knowledge systems in the brain:The animate-inanimate distinction[J]. J Cogn Neurosci, 1998, 10:1-34.
- 7 Tyler LK, Moss HE, Durrant-Peatfield MR, et al. Conceptual structure and the structure of concepts:a distributed account of category-specific deficits[J]. Brain Lang, 2000, 75:195-231.
- 8 韩在柱, 柏晓利, 舒华. 语义范畴特异性损伤的理论研究进展[J]. 心理科学进展, 2002, 10:15-20.
- 9 张亚旭, 周晓林, 闵宝权, 等. 范畴特异性损伤与人脑中一般知识的组织[J]. 心理科学, 2003, 26:697-700.
- 10 方燕红, 朱秋莹, 张积家, 等. 弱智儿童语义范畴的特异性损伤[J]. 中国特异教育, 2008, (9):17-22.
- 11 金花, 刘鹤龄, 杨娅玲, 等. 语义知识神经表征的fMRI研究:通道特异性或类别特异性?[J]. 心理学报, 2005, 37:159-166.
- 12 周筠, 韩在柱, 舒华, 等. 语义范畴特异性损伤[J]. 中国临床康复, 2006, 10:7-9.
- 13 Tyler LK, Stamatakis EA, Dick E, et al. Objects and their actions:evidence for a neurally distributed semantic system[J]. Neuroimage, 2003, 18:542-557.
- 14 Mahon BZ, Caramazza A. Concepts and categories:A cognitive neuropsychological perspective[J]. Annu Rev Psychol, 2009, 60:27-51.
- 15 Brambati SM, Myers D, Wilson A, et al. The anatomy of category-specific object naming in neurodegenerative diseases[J]. J Cogn Neurosci, 2006, 18:1644-1653.
- 16 Damasio H, Grabowski TJ, Tranel D, et al. A neural basis for lexical retrieval[J]. Nature, 1996, 380:499-505.
- 17 Gainotti G. What the locus of brain lesion says about the nature of the cognitive defect in category-specific disorders:A review[J]. Cortex, 2000, 36:539-559.
- 18 Noppeney U, Patterson K, Tyler LK, et al. Temporal lobe lesions and semantic impairment:a comparison of herpes simplex virus encephalitis and semantic dementia[J]. Brain, 2007, 130:1138-1147.
- 19 Tranel D, Kemmerer D, Adolphs R, et al. Neural correlates of conceptual knowledge for actions[J]. Cogn Neuropsychol, 2003, 20:409-432.
- 20 Crutch SJ, Warrington EK. The selective impairment of fruit and vegetable knowledge:A multiple processing channels account of fine-grain category specificity[J]. Cogn Neuropsychol, 2003, 20:355-372.
- 21 Chao LL, Haxby JV, Martin A. Attribute-based neural substrates in temporal cortex for perceiving and knowing about objects[J]. Nat Neurosci, 1999, 2:913-919.
- 22 Perani D, Schnur T, Tettamanti M, et al. Word and

- picture matching: A PET study of semantic category effects[J]. *Neuropsychologia*, 1999, 37:293-306.
- 23 Beauchamp MS, Lee KE, Haxby JV, et al. Parallel visual motion processing streams for manipulable objects and human movements[J]. *Neuron*, 2002, 34:149-159.
 - 24 Chao LL, Weisberg J, Martin A. Experience-dependent modulation of category-related cortical activity[J]. *Cereb Cortex*, 2002, 12:545-551.
 - 25 Price CJ, Noppeney U, Phillips J, et al. How is the fusiform gyrus related to category specificity?[J]. *Cogn Neuropsychol*, 2003, 20:561-574.
 - 26 Devlin JT, Rushworth MFS, Matthews PM. Category-related activation for written words in the posterior fusiform is task specific[J]. *Neuropsychologia*, 2005, 43:69-74.
 - 27 Kawashima R, Hatano G, Oizumi K, et al. Different neural systems for recognizing plants, animals, and artifacts[J]. *Brain Res Bull*, 2001, 54:313-317.
 - 28 Whatmough C, Chertkow H, Murtha S, et al. Dissociable brain regions process object naming and object structure during picture naming[J]. *Neuropsychologia*, 2002, 40:174-186.
 - 29 Mechelli A, Sartori G, Orlandi P, et al. Semantic relevance explains category effects in medial fusiform gyri[J]. *Neuroimage*, 2006, 30:992-1002.
 - 30 Mahon BZ, Milleville S, Negri GAL, et al. Action-related properties of objects shape object representations in the ventral stream[J]. *Neuron*, 2007, 55:507-520.
 - 31 Mummery CJ, Patterson K, Hodges JR, et al. Generating 'tiger' as an animal name or a word beginning with T:differences in brain activation[J]. *Proc Biol Sci*, 1996, 263:989-995.
 - 32 Moore CJ, Price CJ. A functional neuroimaging study of the variables that generate category-specific object processing differences[J]. *Brain*, 1999, 122:943-962.
 - 33 Devlin JT, Moore CJ, Mummery CJ, et al. Anatomic constraints on cognitive theories of category specificity[J]. *Neuroimage*, 2002, 15:675-685.
 - 34 Phillips JA, Noppeney U, Humphreys GW, et al. Can segregation within the semantic system account for category-specific deficits?[J]. *Brain*, 2002, 125:2067-2080.
 - 35 Moss HE, Rodd JM, Stamatakis EA, et al. Anteromedial temporal cortex supports fine-grained differentiation among objects[J]. *Cereb Cortex*, 2005, 15:616-627.
 - 36 Martin A, Wiggs C L, Ungerleider L G, et al. Neural correlates of category-specific knowledge[J]. *Nature*, 1996, 379:649-652.
 - 37 Mummery CJ, Patterson K, Hodges JR, et al. Functional neuroanatomy of the semantic system:divisible by what?[J]. *J Cogn Neurosci*, 1998, 10:766-777.
 - 38 Chao LL, Martin A. Representation of manipulable manmade objects in the dorsal stream[J]. *Neuroimage*, 2000, 12:478-484.
 - 39 Blundo C, Ricci M, Miller L. Category-specific knowledge deficit for animals in a patient with herpes simplex encephalitis[J]. *Cogn Neuropsychol*, 2007, 23:1248-1268.
 - 40 Cree GS, McRae K. Analyzing the factors underlying the structure and computation of the meaning of chipmunk, cherry, chisel, cheese, and cello(and many other such concrete nouns)[J]. *J Exp Psychol Gen*, 2003, 132:163-201.
 - 41 Hart J, Anand R, Zoccoli S, et al. Neural substrates of semantic memory[J]. *J Int Neuropsychol Soc*, 2007, 13:865-880.
 - 42 Coltheart M, Inglis L, Michie P, et al. A semantic subsystem of visual attributes[J]. *Neurocase*, 1998, 4:353-370.
 - 43 Mahon BZ, Caramazza A. The organization and representation of conceptual knowledge in the brain:Living kinds and artifacts [M]//Margolis E, Laurence S. *Creations of the mind:essays on artifacts and their representatio*. Cambridge:Oxford University Press, 2007:157-190.
 - 44 Caramazza A, Mahon BZ. The organisation of conceptual knowledge in the brain:The future's past and some future directions[J]. *Cogn Neuropsychol*, 2006, 23:13-38.
 - 45 Crutch SJ, Warrington EK. Gradients of semantic relatedness and their contrasting explanations in refractory access and storage semantic impairments[J]. *Cogn Neuropsychol*, 2005, 22:851-876.

(收稿日期: 2011-06-03)