

范畴特异性损伤与人脑中一般知识的组织^{*}

张亚旭** 周晓林

闵宝权 贾建平

(北京大学心理学系,北京,100871) (首都医科大学宣武医院,北京,100053)

1 引言

记忆是多层面的。根据记忆中所存储的材料性质,人类记忆可分为情节记忆和语义记忆。其中,语义记忆是指被组织起来的、关于世界的一般知识。人脑中一般知识如何组织,是当前认知神经科学争论的热点问题之一^[1-5]。脑损伤病人身上所观察到的语义记忆损伤模式,为回答这一问题提供了难得的机会。

2 范畴特异性损伤现象

1984年,著名认知神经科学家 Warrington 和 Shallice 在《Brain》杂志上,报告了他们在四名曾经患单纯疱疹性脑炎的病人身上所做的研究^[6]。该研究发现,同无生命物体相比,这些病人在产生和理解有生命物体的名称时,表现出更大的困难。例如,病人 JBR,只能识别或命名 48 个有生命物体(动物或植物)中的 2 个,但正确地描述和命名了 48 个无生命物体中的 45 个。类似地,病人 SBY 不能识别有生命物体,但正确地识别了 48 个无生命物体中的 36 个。Warrington 和 Shallice 的另两个病人,KB 和 ING,因为存在严重的语言产生损伤,所以不能完成下定义这种产生任务。但是,这两名病人在词图匹配任务上所表现出的模式,与 JBR 和 SBY 类似。换句话说,相对于无生命物体来说,动物范畴的词图匹配成绩更差。总的来看,相对于无生命物体来说,这些病人有生命物体方面的知识,损伤更为严重。Warrington 和 Shallice 将这种现象称作范畴特异性的语义损伤(category-specific semantic impairments)。迄今为止,绝大多数发表的个案所描述的脑损伤病人,有生命物体(如动物、水果和蔬菜)识别,选择性地受到损伤^[7]。

问题是,这种现象是否可信?换句话说,脑损伤病人身上所表现出来的范畴特异性的语义记忆损伤,是否可以用其它一些混淆因素(而不是有无生命这样的范畴)来解释?一些研究者提出,一些混淆因素,包括名称频率、项目熟悉度、视觉复杂度和可想

象力等,可能能够解释范畴特异性损伤现象。例如,脑损伤病人之所以在有生命物体上,表现出更严重的损伤,并不是因为这些物体属于有生命这一范畴,而是因为相对而言,这些物体或者名称频率低,或者熟悉度低,或者视觉复杂度高,或者可想象力差,或者是这些混淆因素的混合作用。如果这些怀疑成立的话,那么,范畴特异性损伤就至少不再是什么惊人的现象。换句话说,这种现象完全符合人的直觉。对于脑损伤病人来说,加工困难的材料(指名称频率低、熟悉度低、视觉复杂度高、可想象力差的材料)时,成绩当然要差。然而,偶尔的个案,相对于有生命物体来说,在无生命的或人造的物体上,表现出更大的困难^[1]。前面所提到的那些混淆因素,显然无法同时解释两种截然相反的范畴特异性损伤模式。值得注意的是,许多近期的研究,使用名称频率、熟悉度、视觉复杂度和可想象力等方面严格匹配的刺激,仍然发现了范畴特异性损伤现象。此外,还有一些研究,采用回归分析这种统计技术,发现有无生命这一语义范畴变量,影响病人的任务成绩。上述几方面的证据提示,范畴特异性损伤现象,至少不能完全用混淆因素来解释。病人身上所表现出来的这种范畴特异性损伤,提示不同类型的语义知识,在人脑中可能是分开来表征和组织的。

3 一般知识组织的性质:三种不同的观点

范畴特异性损伤现象引发了关于人脑中语义记忆或一般知识组织方式的理论和实验探讨。为解释这种现象,一些研究者从不同角度,提出了不同的观点。下面让我们详细看一下几种不同的代表性的观点。

3.1 分类学范畴说

这种观点认为,语义知识按分类学意义上的范畴(如有无生命)来组织^[1]。它假设,生物的进化使得人类发展了从知觉和概念两方面,区分有生命物种与无生命物种的特殊的机制,从而导致大脑中这些知识按照范畴来组织。因为不同范畴的知识存储在大脑的不同区域,所以,特定脑区的损伤,将会造成存储在该脑区的特定范畴的知识,出现选择性的

* 国家自然科学基金(项目号:60083005)和国家攀登项目(95-专-09)资助。

** E-mail: yxzhang@pku.edu.cn

缺陷。这种观点得到了一些脑损伤个案的支持。例如,大多数有生命物体知识选择性受损病人,左侧颞叶受损,或者在单纯疱疹性脑炎康复之后,右侧颞叶受损。而人造物体知识选择性受损病人,典型地额顶区受到损伤。不过,也有一些有生命物体知识选择性受到损伤的病人,额叶和顶叶下部受损,或者在经历脑外伤之后大脑广泛受损。此外,也有一些人造物体知识选择性受损病人,颞叶受损。总的来看,有生命范畴的特异性损伤,通常同颞叶受损相联系,有时和额叶、顶叶相联系。而无生命范畴的特异性损伤,通常同颞、顶和背侧额叶的损伤相联系。

语义知识按分类学范畴组织的观点,也得到了—些脑功能成像研究的支持。例如,最近的三项PET研究,直接比较了有生命物体和人造物体的脑区激活^[8-10]。这三项研究,尽管彼此之间在所激活的特定脑区方面观察到不同结果,但均显示出不同范畴之间的分离。这三项研究有一些一致的结果。例如,这些研究均发现,加工动物时,颞叶下部激活,而对于工具来说,颞叶中后部可能更重要。

语义知识按分类学范畴组织这种观点,尽管对范畴特异性损伤现象的解释简捷明了,但是,它难以解释广泛性脑损伤病人所表现出的范畴特异性损伤。我们在前面提到过,经历脑外伤之后大脑广泛受损,能够导致有生命物体知识的范畴特异性损伤。另外,阿尔兹海默病(Alzheimer's Disease)病人也能产生范畴特异性损伤^[11],而这类病人的病变通常是弥散性的,并不局限于某个特定的脑区。

3.2 结构描述系统说

与分类学范畴说不同,结构描述系统说不是用有无生命这样的二分法来解释范畴特异性损伤,而是强调视觉信息与有生命物体识别之间的关系^[7]。换句话说,有生命和无生命物体之间,在把范畴的一个成员同另一个成员区分开,所要求的视觉加工的程度和细节上,有重要区别。同人造物体相比,动物、水果和蔬菜,有着更惊人的范畴内的结构相似性。因此,这些物体的识别,对前语义的结构描述系统(structural description system)要求较高^[12-13]。这样,对于有生命物体来说,较高的范畴内的结构相似性,容易造成“视觉拥挤”(visual crowding),使得成员和成员之间难以区分^[7]。按照这种观点,脑损伤病人身上所表现出来的有生命物体范畴的特异性损伤现象,可以用结构描述系统障碍来解释。这种观点实际上隐含地认为,没有必要假设两个分开的语义记忆系统,单一的语义记忆系统,完全能够解释脑损伤病人身上所出现的范畴特异性损伤。

3.3 特征途径

第三种观点可以称之为特征途径(attribute approach)。迄今为止,该理论已经出现了三种不同的版本。

3.3.1 简单的通道特异性假设

最简单的特征途径认为,语义知识按照不同的感觉运动通道(如视觉或知觉语义知识与功能或联想语义知识)来组织^[3,6]。按照这种途径,特定语义特征对知识获得和描述来说,具有不同的权重。对有生命物体知识获得或有生命物体识别来说,同功能特征(指做什么用的、在哪里用以及什么时候用等方面的语义特征)相比,知觉特征(指一个物体看起来、听起来或感觉起来怎么样等方面的语义特征)有更大的权重。因此,在有生命物体范畴内,概念(如“老虎”和“豹子”)的区分和加工更多地依赖于它们的知觉特征。然而,对人造物体来说,情况刚好相反。换句话说,同知觉特征相比,功能特征有更大的权重。因此,在人造物体范畴内,概念(如“办公桌”和“饭桌”)的区分和加工更多地依赖于它们的功能特征^[6,14]。这样,在这种简单的特征途径中,语义记忆由两个子系统构成,即知觉特征子系统和功能特征子系统。有生命物体或人造物体两个不同范畴的特异性损伤,分别是由知觉和功能这样两个子系统分别受损造成的^[6]。也就是说,语义记忆的知觉特征子系统受到损伤时,就会产生有生命物体范畴的选择性受损。类似地,功能特征子系统受到损伤时,就会产生人造物体范畴的特异性损伤。显然,这种途径既能解释大多数有生命物体范畴出现特异性损伤的个案,也能解释偶尔发现的无生命物体范畴选择性受损的个案。

上述这种简单的特征途径,可看作是简单的通道特异性假设,它反映了知识的起源或形成(如视觉组织)。同按分类学范畴组织知识相比,用通道特异性的语义表征来对知识进行组织,似乎更经济。这种简单的通道特异性假设,得到了一些不同角度证据的支持。例如,在一个联结主义的计算模型上,Farah和McClelland证实,选择性地损伤知觉或功能特征,确实能够产生范畴特异性损伤^[14]。另外,也有证据表明,许多有生命物体范畴出现特异性损伤的病人,同完成有关功能特征的任务相比,完成有关知觉特征的任务,要困难得多^[15]。这些病人甚至在辨别人造物体(如不同的轿车)时也有困难,只要这些物体视觉上容易混淆。

简单的通道特异性假设,也得到了功能性磁共振成像(fMRI)证据的支持。例如,Martin等人于1995年报告的研究要求被试想象一个物体的知觉属性(如颜色)或功能属性(如物体的典型行为)。结

果发现,知觉条件使腹侧颞叶(当刺激是词时为左侧,当刺激是图时为双侧)出现加强的激活,而功能条件使左侧颞叶中后部活动增强。

然而,简单的通道特异性假设,不能说明范畴特异性知识损伤中的一种现象,即对有生命物体来说,知觉和非知觉的知识都受到损伤^[1,6]。因此,有生命物体范畴的特异性损伤,似乎不能用知觉语义知识选择性受损来解释。

3.3.2 相互作用的通道特异性假设

另一种特征途径,实际上是在上面的简单的特征途径基础上提出来的。它在承认知识按照不同的感觉运动通道组织的同时,认为知识表征是分布式的和相互作用的^[5,14]。这种观点假设,客体表征的每一个部分都为另一个部分提供附属的激活。因此,一个部分的受损可能影响激活其它部分的能力^[14]。对于有一个优势表征通道的知识范畴来说,任何一个通道信息的提取,都可能要求优势通道信息的提取。这种观点可称作相互作用的通道特异性假设。它得到了一些不同角度证据的支持,包括行为研究^[16]、神经心理学研究^[6]、计算模型^[14]、功能性磁共振成像(fMRI)研究^[5]和PET研究^[3]。

研究者发现,左侧梭状回的活动,能够在产生颜色词和心理表象期间被观察到,说明该脑参与视觉信息提取过程,甚至是在缺乏外显视觉刺激时。Thompson-Schill, Aguirre, D'Esposito 和 Farah 使用fMRI,考察了左侧梭状回活动对有生命和无生命物体信息提取的依赖性^[5]。按照相互作用的通道特异性假设,即使是在提取有生命物体的非视觉信息时,也会出现左侧梭状回的活动。这一预期在该项研究中得到证实。

Mummery 等人的PET研究,使用了三种相似性判断任务^[3]。其中,第一种任务是就物体的典型颜色(视觉特征)进行判断;第二种任务是就物体所处的典型空间位置(联想特征)进行判断;第三种任务是就词中所包含的音节的数目进行判断。此外,该研究所采用的实验材料,既包括有生命物体,也包括人造物体。Mummery 等人发现,两种范畴(即有无生命)和两种特征(即知觉特征和联想特征),尽管都激活了广泛的分布式的左半球语义系统,但是仍然引起了某些区别性的激活,尤其是不同类型的特征。具体地说,对于判断物体所处的典型空间位置来说,左侧颞枕顶交界显示出增强的活动,而颜色判断激活了左侧靠前的颞皮层中部和尾状核。相比之下,有生命与无生命两种范畴之间,所激活的脑区差异较小。代表人造物体的词,使左侧靠后的颞皮层中部激活增强。这些结果表明,在词所激活的分布

式概念系统中,更占优势的神经上的区别与特征类型有关。

3.3.3 特征相关说

同样是采取特征途径,还有一种观点认为,有生命和无生命两种物体之间,视觉特征和功能特征之间的关系不同。有生命物体视觉和功能特征之间没什么联系,而无生命物体则不然。这种观点能够解释为什么有生命物体选择性地受到损伤。

最近,一些基于分布式神经网络原则的解释,也强调了两种范畴之间,在知识的不同成分间相互关联的程度和模式上的区别^[2,11,17,18]。具体地说,有生命物体内部,特征与特征之间具有很强的相关(例如,有毛皮的也有胡须)。因此,对于有生命物体来说,少量的损伤(即少量联结的丢失),通常不会影响一个物体的识别,因为特征之间很强的相关会起到一种保护的作用。然而,足够量的损伤,将导致一些特征的丢失,这会引发有生命物体范畴内,许多成员同时受到损伤。然而,对于无生命物体来说,通常,一些特征对于特定的项目来说,恰好是关键的,但是与其它特征之间并没有较高的相关。因此,这些特征的神经病理学损伤,将影响特定项目上的作业。这样,同有生命物体范畴不同,在无生命物体范畴内,成员的损伤具有逐个项目(item-by-item)的性质。

4 小结

人脑中一般知识如何组织,是当前认知神经科学的一个中心问题。脑损伤病人身上所表现出的范畴特异性的语义记忆损伤,为回答这一问题提供了难得的机会。为解释范畴特异性损伤现象,研究者提出了三种不同的观点。第一种观点认为人脑中一般知识按分类学意义上的范畴来组织,第二种观点强调视觉信息与有生命物体识别之间的联系,而第三种观点则采用特征途径来解释人脑中知识系统的性质。事实上,这些观点已成为当前有关人脑中一般知识组织性质研究的基本理论框架。

5 参考文献

- 1 Caramazza A, & Shelton JR. Domain specific knowledge systems in the brain: The animate-inanimate distinction. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 1998, 10:1-34
- 2 McRae, K, de Sa, VR, & Seidenberg, MS. On the nature and scope of featural representations of word meaning. *Journal of Experimental Psychology: General*, 1997, 126:99-130
- 3 Mummery, CJ, Patterson, K, Hodges, JR, & Price, CJ. Functional neuroanatomy of the semantic system: Divisible by what? *Journal of Cognitive Neuroscience*, 1998, 10:766-777

(下转 697)

6 参考文献

- 1 Pashler H. Stevens' handbook of experimental psychology. New York: USA. John Wiley & Sons, Inc.: Roediger H. L., Marsh E. J. & Lee S. C., Kinds of memory, 2000: 1 - 42
 - 2 Roediger H. L. & Craik F. I. M. Varieties of memory and consciousness - essays in honor of Endel Tulving. Hillsdale: USA. Lawrence Erlbaum Associates, Publishers, 1989: P5 - 36
 - 3 杨治良, 郭力平, 王沛, 陈宁记忆心理学. 华东师范大学出版社. 1999: 228 - 358, 591 - 620
 - 4 Einstein G. O. & McDaniel M. A. Aging and prospective memory: examining the influences of self-initiated retrieval processes. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*. 1995, 21(4): 996 - 1007
 - 5 Kvavilashvili L., Messer D. J. & Ebdom Pippa Prospective memory in children: the effects of age and task interruption. *Development Psychology*. 2001, 7(3): 418 - 430
 - 6 Einstein G. O. & McDaniel M. A. Normal aging and prospective memory. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*. 1990, 16(4): 717 - 726
 - 7 Conway M. A. edited Cognitive models of memory. Hove: UK. Psychology Press: Burgess P. W. & Shallice T., The relationship between prospective and retrospective memory: neuropsychological evidence: 1997: 247 - 271
 - 8 Eysenck M. W. Principles of cognitive psychology. Hove: UK. Lawrence Erlbaum Associates, Publishers, 1993: 97, 197
 - 9 Puckett J. M. & Reese H. W. Mechanisms of everyday cognition. Hillsdale: USA. Lawrence Erlbaum Associates, Publishers, 1993: 65 - 67
 - 10 赵晋全. 前瞻记忆的特点、机制和应用. 华东师范大学博士学位论文, 2002
 - 11 赵晋全, 郭力平. 前瞻记忆研究评述. *心理科学*. 2000, 23(4): 466 - 469
 - 12 李宏英, 隋光远. 错误记忆研究综述. *心理科学*. 2003, 25(3): 512 - 514
 - 13 McEvoy C. L., Nelson D. L. & Komatsu T. What is the connection between true and false memories? The differential roles of interitem associations in recall and recognition. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*. 1999, 25(5): 1177 - 1194
-
- (接 700 页)
- 4 Shelton, JR, & Caramazza, A. Deficits in lexical and semantic processing: Implications for models of normal language. *Psychonomic Bulletin & Review*, 1999, 6: 5 - 27
 - 5 Thompson-Schill, SL, Aguirre, GK, D'Esposito, M, & Farah, MJ. A neural basis for category and modality specificity of semantic knowledge. *Neuropsychologia*, 1999, 37: 671 - 676
 - 6 Warrington, EK, & Shallice, T. Category specific semantic impairments. *Brain*, 1984, 107: 829 - 853
 - 7 Sheridan, J, & Humphreys, GW. A verbal-semantic category-specific recognition impairment. *Cognitive Neuropsychology*, 1993, 10: 143 - 184
 - 8 Damasio, H, Grabowski, TJ, Tranel, D, et al. A neural basis for lexical retrieval. *Nature*, 1996, 380: 499 - 505
 - 9 Martin, A, Wiggs, CL, Ungerleider, LG, et al. Neural correlates of category-specific knowledge. *Nature*, 1996, 379: 649-62
 - 10 Perani, D, Cappa, SF, Bettinardi, V, et al. Different neural systems for the recognition of animals and man-made tools. *Neuroreport*, 1995, 6, 1637-1641
 - 11 Gonnerman, LM, Andersen, ES, Devlin, JT, et al. Double dissociation of semantic categories in Alzheimer's disease. *Brain and Language*, 1997, 57: 254 - 279
 - 12 Fored, EM, Francis, D, Riddoch, MJ, et al. On the links between visual knowledge and naming: A single case study of a patient with a category-specific impairment for living things. *Cognitive Neuropsychology*, 1997, 14: 403 - 458
 - 13 Humphreys, GW, Lamote, C, & Lloyd Jones, TJ. An interactive activation approach to object processing: Effects of structural similarity, name frequency, and task in normality and pathology. *Memory*, 1995, 3: 535 - 586
 - 14 Farah, MJ, & McClelland, JL. A computational model of semantic memory impairment: Modality specificity and emergent category specificity. *Journal of Experimental Psychology: General*, 1991, 120: 339 - 357
 - 15 Moss, HE, & Tyler, LK. A category-specific deficit for non-living things in a case of progressive aphasia. *Brain and Language*, 1997, 60: 55 - 58
 - 16 Thompson-Schill, SL, & Gabrieli, JD. Priming of visual and functional knowledge on a semantic classification task. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 1999, 25: 41-53
 - 17 Devlin, J, Gonnerman, L, Andersen, E, et al. Category specific semantic deficits in focal and widespread brain damage: A computational account. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 1998, 10: 77 - 94
 - 18 Durrant-Peatfield, MR, Tyler, LK, Moss, HE, et al. The distinctiveness of form and function in category structure: A connectionist model. *Proceedings of the 19th Annual Conference of the Cognitive Science Society*. Mahwah, NJ: Erlbaum, 1997: 193 - 198