

物体的颜色知识和运动知识的独立性表征

陈静¹, 柳妍^{2,3}, 刘方松¹, 宋鲁平^{2,3}, 韩在柱¹, 毕彦超¹

[摘要] 目的 探讨物体颜色知识和运动知识在大脑中的表征关系。方法 对 39 例脑损伤患者和 39 例正常对照组进行颜色知识属性判断测验和运动知识属性判断测验。对数据进行群组分析和个体分析。结果 群组分析显示, 患者在这两个任务上的正确率显著正相关; 个体分析发现, 5 例患者在颜色知识属性判断上的成绩显著好于运动知识属性判断, 而另外 5 例患者在运动知识属性判断上的成绩显著好于颜色知识属性判断。结论 物体的颜色知识和运动知识在大脑中存在相对独立的表征, 与大脑中概念知识的分布式表征理论相符。

[关键词] 分布式表征; 颜色知识; 运动知识; 双分离; 语义表征; 脑损伤

Dissociation between Color Knowledge and Motion Knowledge CHEN Jing, LIU Yan, LIU Fang-song, et al. State Key Laboratory of Cognitive Neuroscience and Learning, Beijing Normal University, Beijing 100875, China

Abstract Objective To investigate the relationship between the presentation of color knowledge and the motion knowledge. **Methods** 39 patients with brain injury and 39 healthy volunteers were recruited in this study. They were tested with the color attribute judgment task and the motion attribute judgment task. Group analysis and case analysis were taken to investigate the correlation and dissociation between these two tasks. **Results** Group analysis revealed a positive correlation between the color attribute judgment and the motion attribute judgment task. As for case analysis, 5 patients showed significantly better performance on color attribution judgment than motion attribution judgment. In contrast, another 5 patients showed significantly better performance on motion attribution judgment than color attribute judgment. **Conclusion** Color knowledge and motion knowledge are represented independently in the brain, which is consistent with the distributed semantic memory theory.

Key words: distributed semantic memory; color; motion; double dissociation; semantic representation; brain injury

[中图分类号] R742 [文献标识码] A [文章编号] 1006-9771(2011)03-0201-03

[本文著录格式] 陈静, 柳妍, 刘方松, 等. 物体的颜色知识和运动知识的独立性表征[J]. 中国康复理论与实践, 2011, 17(3): 201-203.

语义记忆(semantic memory)是指大脑对一般知识和规律的记忆, 它与特殊的地点、时间无关。关于语义记忆在大脑中的组织方式, 目前一个比较流行的理论是 Allport 提出的分布式语义表征, 它认为语义记忆是按照功能和脑区不同的特征通道来组织的, 这些通道包括视觉属性通道(颜色、运动信息、大小和形状), 非视觉属性通道(功能、操作和动作、声音、嗅觉、味觉和触觉)^[1]。

分布式语义表征在临床研究和脑功能成像实验研究中得到了支持。例如, 人们发现物体的操作知识和功能知识是相对分离的: Buxbaum 采用图片和词汇任务分别考察失用症和非失用症的脑卒中患者操作知识和功能知识, 发现失用症患者表现出操作知识显著差于功能知识; 非失用症患者功能知识差于操作知识^[2]。

基金项目: 1. 国家自然科学基金(30770715、30700224); 2. 国家社会科学基金(07CYY009); 3. 北京市自然科学基金(7082051)。

作者单位: 1. 北京师范大学认知神经科学与学习国家重点实验室, 北京市 100875; 2. 首都医科大学康复医学院, 北京市 100068; 3. 中国康复研究中心北京博爱医院神经康复二科, 北京市 100068。作者简介: 陈静(1985-), 女, 重庆市人, 硕士研究生, 主要从事认知神经心理学研究。通讯作者: 韩在柱。

Boronat 通过 fMRI 实验也证明功能知识和操作知识的分离, 功能知识特异性加工的脑区在顶内沟边界的左顶下小叶^[3]。颜色和形状、功能知识的相对分离: Miceli 对某脑损伤患者进行一系列的行为测验, 发现患者的颜色知识受损, 而形状知识和功能知识相对完好, 表现出了颜色知识和形状知识、功能知识的单分离^[4]。大小知识和其他视觉知识的相对分离: 一些研究发现视觉层面的大小知识与形状、颜色的分离^[5-8]。运动知识和其他知识的相对分离: 对颜色、形状、运动的知识的研究发现, 颞叶的腹部主要加工颜色和形状知识, 颞叶的外侧主要加工运动知识^[9-10]。声音知识与其他知识的相对分离: 通过对比声音知识和形状知识、抽象知识激活的脑区, 发现在颞极前侧的上部对声音知识的激活大于其他知识^[11]。通过对比声音知识和动作知识等的激活情况, 发现了声音知识和动作知识有不同的敏感脑区^[12-13]。

临床研究中发现的不同特征知识分离现象, 以及在脑功能成像实验研究中发现的某一特征的知识相对于其他知识在脑区上具有更强的激活(甚至是特异性激活), 表明不同特征知识在功能和脑区上可能是相对独立的。但是以往的研究也存在一些局限: ①临床研

究上发现的分离一般都是单分离或者小样本上发现的个案分离,任务难度或者个案患病前的情况都可能导致这种分离现象,因此它并不能很好说明两种认知成分才是真正的分离;②由于功能影像研究结果不能说明因果关系,因此不同特征知识激活脑区的差异并不能很好证明不同的特征知识在功能上是分离的。本研究采用大样本的脑损伤患者为被试,探讨被试在物体颜色知识和运动知识上是否存在双分离,避免了单分离中可能存在的任务难度影响和个案解释力度不够的问题。

1 对象与方法

1.1 研究对象

随机选取 2009 年 8 月~2010 年 3 月在中国康复研究中心住院和门诊治疗的脑损伤患者 39 例。入组标准:①年龄在 20 岁以上,受教育年限 ≥ 6 年;②各种类型的脑损伤患者;③首次脑损伤;④稳定期患者:从脑损伤到测验至少 1 个月;⑤没有其他神经、精神问题,如酗酒、严重抑郁等;⑥听力正常,能完成简单的认知任务,能理解简单的指导语。其中男性 34 例,女性 5 例,年龄(45 ± 11.69)岁;受教育年限(14 ± 3.4)年。

正常对照组:与脑损伤患者年龄、教育年限匹配($P > 0.05$)的正常成人 39 例。其中男性 23 例,女性 16 例,年龄(49 ± 9.69)岁;受教育年限(14 ± 4.02)年。

1.2 方法

1.2.1 测验工具

颜色知识属性判断测验($N=30$):考察被试在加工物体颜色知识时的损伤情况。在触摸屏上方呈现一个问题(如黑白相间的动物是),触摸屏下方将呈现两个选项(如大熊猫和青蛙),让被试判断下方的两个选项中哪一个选项最合适。为了排除词汇识别的影响,在实验过程中,同时给被试呈现听觉通道的实验材料。

运动知识属性判断测验($N=30$):考察被试在加工物体运动知识时的损伤情况。在触摸屏上方呈现一个问题(如跑得比较慢的是),触摸屏下方将呈现两个选项(如企鹅和鸵鸟),让被试判断下方的两个选项中哪一个选项最合适。为了排除词汇识别的影响,在实验过程中,同时给被试呈现听觉通道的实验材料。

1.2.2 实施方法

采集脑损伤患者的一般情况和病史。由合格的主试给出指导语,待被试明白要求之后进行测验,让被试用手指点击要选的答案,通过电脑记录被试反应。

1.3 统计学方法

为了控制两个任务的难度,根据正常对照组在这两个任务上正确率的平均数和标准差,得到脑损伤患者在这两个任务上正确率的 Z 分数,将所得 Z 分数进行群组分析和个体分析。

群组分析,对患者在这两个任务上正确率的 Z 分数

进行 Pearson 相关分析。

个体分析:采用 Crawford 和 Garthwaite 2007 年开发的分离软件考察患者在两个任务上是否存在经典分离或强分离^[14]。经典分离是指被试在某个任务上的成绩正常,在另一个任务上的成绩显著低于正常人;强分离式指被试两个任务上都低于正常人,同时某个任务上的成绩显著低于另一个任务的成绩。

2 结果

在群组水平,患者两个任务上的成绩呈正相关($r = 0.813, P < 0.05$)。在个体水平, Crawford 和 Garthwaite 分离软件分析,发现 39 例脑损伤患者中 10 例在两个任务上表现出分离:其中 4 例患者在颜色知识属性判断任务上成绩与正常对照组没有显著性差异,而在运动属性判断任务上显著差于正常人。1 例患者在运动知识属性判断任务上与正常对照组没有显著性差异,颜色属性判断显著差于正常对照组。两组行为模式表现出经典的双分离。此外,5 例患者在颜色知识属性判断和运动知识属性判断上都显著差于正常对照组,但是其中 1 例运动知识显著差于颜色知识,4 例颜色知识显著差于运动知识,表现出强双分离。

3 讨论

本研究显示,脑损伤患者在颜色知识属性判断和运动知识属性判断上的正确率正相关,说明这两个任务在一定程度上考察相同的认知过程,或者在完成这两个任务中应用相同的认知加工模块。在这两个任务中,材料都是以词汇的形式呈现,完成这个任务涉及词汇加工的过程;同时材料中使用句子,任务也涉及句子理解的加工过程。由于本研究中的大部分脑损伤患者是脑卒中患者和脑外伤患者,以往大量研究表明脑损伤会导致语义损伤和词汇理解问题^[15-16],因此本研究中的高相关也可能是由于患者的整体概念损伤和词汇理解困难,或者患者脑损伤的面积过大,导致负责颜色加工的脑区和负责运动知识加工的脑区同时损伤。进一步的行为-病灶对应分析有助于解释群组分析上的高相关。

双分离现象经常用于研究两个认知过程在大脑中相对独立表征关系。如果两个认知过程在被试间表现出双分离现象,说明这两个认知过程在大脑中是相对独立表征的,即一个认知过程不受另外一个认知过程的影响,可以独立损伤。在本研究中,患者在颜色知识属性判断和运动知识属性判断任务上表现出双分离现象,说明颜色知识和运动知识在大脑中是相对独立表征的,这一结果与以往的功能影像研究和脑损伤研究一致。PET 和功能核磁研究发现,当被试命名物体的典型颜色或者核证物体的颜色知识时,颞叶腹侧皮层有更强的激活^[17-22]。脑损伤临床研究发现,颞叶腹侧

皮层的损伤会导致颜色失认症^[4, 23-24]。而运动知识更强地激活颞叶外侧颞中回后部和颞上沟后部^[9, 25-27]。损伤研究发现, 颞上回后部、前运动皮层的损伤会导致患者的生物运动知识受损^[28-30]。加工颜色和运动知识引起不同脑区的激活, 以及不同脑区损伤导致颜色或运动知识的受损, 表明颜色和运动知识的相对独立性。本研究中颜色知识和运动知识的双分离现象表明物体颜色知识和运动知识在大脑中是相对独立表征的, 与语义概念分布式表征理论一致。

[参考文献]

[1] Allport DA. Distributed memory, modular subsystems and dysphasia [M]. // Newman SK, Epstein R. Current Perspectives in Dysphasia. Edinburgh: Churchill Livingstone, 1985; 207-244.

[2] Buxbaum LJ, Saffran EM. Knowledge of object manipulation and object function: dissociations in apraxic and non-apraxic subjects [J]. Brain Lang, 2002, 82: 179-199.

[3] Boronat CB, Buxbaum LJ, Coslitt HB, et al. Distinctions between manipulation and function knowledge of objects: evidence from functional magnetic resonance imaging [J]. Cogn Brain Res, 2005, 23: 361-373.

[4] Miceli G, Fouch E, Capasso R, et al. The dissociation of color from form and function knowledge [J]. Nature Neurosci, 2001, 4: 662-667.

[5] Coltheart M, Inglis L, Cupples L, et al. A semantic system specific to the storage of information about the visual attributes of animate and inanimate objects [J]. Neurocase, 1998, 4: 353-370.

[6] Forde ME, 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 [J]. Cogn Neuropsychol, 1997, 14: 403-458.

[7] Sartori G, Job R. The oyster with four legs: A neuropsychological study on the interaction between vision and semantic information [J]. Cogn Neuropsychol, 1988, 5: 105-132.

[8] Sheridan J, Humphreys GW. A verbal-semantic category-specific recognition impairment [J]. Cogn Neuropsychol, 1993, 10: 143-184.

[9] Beauchamp MS, Lee KE, Haxby JV, et al. Parallel visual motion processing streams for manipulable objects and human movements [J]. Neuron, 2002, 34(1): 149-159.

[10] Martin A, Chao LL. Semantic memory and the brain: structure and processes [J]. Curr Opin Neurobiol, 2001, 11: 194-201.

[11] Noppeney U, Price CJ. Retrieval of visual, auditory, and abstract semantic [J]. NeuroImage, 2002, 15: 917-926.

[12] Noppeney U, Josephs O, Kiebel S, et al. Action selectivity in parietal and temporal cortex [J]. Cogn Brain Res, 2005, 25: 641-649.

[13] James TW, Humphrey GK, Gati JS, et al. Differential effects of viewpoint on object-driven activation in dorsal and ventral streams [J]. Neuron, 2002, 35: 793-801.

[14] Crawford JR, Garthwaite PH. Comparison of a single case to a control or normative sample in neuropsychology: Development of a Bayesian approach [J]. Cogn Neuropsychol, 2007, 23: 343-372.

[15] Coughlan AK, Warrington EK. Word-comprehension and word-retrieval in patients with localized cerebral lesions [J]. Brain, 1978, 101: 163-185.

[16] Jefferies E, Lambon-Ralph MA. Semantic impairment in stroke aphasia vs semantic dementia: a case series comparison [J]. Brain, 2006, 129: 2132-2147.

[17] Chao LL, Martin A. Cortical regions associated with perceiving, naming, and knowing about colors [J]. J Cogn Neurosci, 1999, 11: 25-35.

[18] Goldberg RF, Perfetti CA, Schneider W. Perceptual knowledge retrieval activates sensory brain regions [J]. J Neurosci, 2006, 26: 4917-4921.

[19] Kellenbach ML, Brett M, Patterson K. Large, colorful, or noisy? Attribute- and modality-specific activations during retrieval of perceptual attribute knowledge [J]. Cogn Affective, Behav Neurosci, 2001, 1: 207-221.

[20] Martin A, Haxby JV, Lalonde FM, et al. Discrete cortical regions associated with knowledge of color and knowledge of action [J]. Science, 1995, 270: 102-105.

[21] Oliver RT, Thompson-Schill SL. Dorsal stream activation during retrieval of object size and shape [J]. Cogn Affective, Behav Neurosci, 2003, 3: 309-322.

[22] Wiggs CL, Weisberg J, Martin A. Neural correlates of semantic and episodic memory retrieval [J]. Neuropsychologia, 1999, 37: 103-118.

[23] Farah MJ, Levin DN, Calvino RA. A case study of mental imagery deficit [J]. Brain Cogn, 1988, 8: 147-164.

[24] Luzzatti C, Davidoff J. Impaired retrieval of object-color knowledge with preserved color naming [J]. Neuropsychologia, 1994, 32: 933-950.

[25] Beauchamp MS, Lee KE, Haxby JV, et al. fMRI responses to video and point-light displays of moving humans and manipulable objects [J]. J Cogn Neurosci, 2003, 15(7): 991-1001.

[26] Grossman E, Blake R. Brain areas active during visual perception of biological motion [J]. Neuron, 2002, 35(6): 1157-1165.

[27] Saygin AP, Wilson SM, Hagler DJ, et al. Point-light biological motion perception activates human premotor cortex [J]. J Neurosci, 2004b, 24: 6181-6188.

[28] Grossman ED, Battelli L, Pascual-Leone A. Repetitive TMS over posterior STS disrupts perception of biological motion [J]. Vision Res, 2005, 45: 2847-2853.

[29] Saygin AP. Superior temporal and premotor brain areas necessary for biological motion perception [J]. Brain, 2007, 130: 2452-2461.

[30] Vaina LM, Gross CG. Perceptual deficits in patients with impaired recognition of biological motion after temporal lobe lesions [J]. Proc Natl Acad Sci USA, 2004, 101: 16947-16951.

(收稿日期: 2011-01-30)