

超自然概念的表征过程及其内在机制

应小萍^①, 罗劲^{②*}

① 中国社会科学院社会学研究所, 北京 100732

② 中国科学院心理研究所心理健康重点实验室, 北京 100101

* 联系人, E-mail: luoj@psych.ac.cn

收稿日期: 2008-12-25; 接受日期: 2009-02-23

国家高技术研究发展计划(批准号: 2008AA021204)、国家自然科学基金(批准号: 30770708)和中国科学院知识创新工程(批准号: KSCX2-YW-R-28)资助项目

摘要 超自然概念是指那些基于对常识概念的违背和重组而产生的新的概念, 这些概念可以广泛地见诸于传说、神话、童话和宗教题材之中, 并被认为是构成神话乃至宗教概念的基础。但是, 我们对于超自然概念形成过程的内在心理与脑机制却所知甚少。本研究利用 fMRI 技术研究比较了三类动植物概念的构想和表征过程, 一是具有本范畴特征的动植物(如具有树特征的树或具有鸟类特征的鸟, 简称 Violation[0]), 二是具有相对较小幅度的跨范畴特征的动植物(如具有花草特征的树或具有鱼类特征的鸟, 简称 Violation[1]), 三是具有较大幅度的跨范畴特征的动植物(如具有动物特征的树或具有植物特征的鸟, 简称 Violation[2])。结果表明: 相对于静息状态而言, 三种想象过程均激活了包括额上回及内侧面的额叶(BA6,8)、左侧的额中回与额下回(BA46,45,47)、左侧楔前叶(BA7)、左侧颞中回(BA20)以及小脑等一些脑区活动。而相对于本范畴特征的动植物表征(Violation[0])而言, 较小幅度与较大幅度的跨范畴表征(即 Violation[1]与 Violation[2])均伴随有更加强烈的左侧额中回(BA6)的活动, 这提示该区域可能是参与跨范畴表征的关键性脑神经结构; 而在 Violation[1]与 Violation[2]之间则并未观察到显著差别, 这说明脑认知机制的差别可能只存在于是否跨越范畴之间, 而并不存在于跨越幅度的大小之间。

关键词

超自然概念
范畴
fMRI

超自然概念是指基于对常识概念基本特征的违背和重组而产生的新的概念(例如长翅膀的马)。这些概念可以广泛地见诸于传说、神话、童话和宗教题材之中^[1], 并被认为是神话和宗教概念构成的重要基础之一^[2,3]。超自然概念的构成方式与英国经验主义哲学家大卫·休谟早年提出的复合概念相同, 休谟认为人的精神所具有的创造力量, 只是将感官和经验提供给我们材料加以联系、置换、扩大或缩小。例如, “金山”不过是将已知的“金”与“山”两个观念结合在一起, “有德性的马”不过是“德性”与“马”两个观念的结合^[4]。近年来, 一些研究者将认知科学特别是

认知心理学的方法引入超自然概念的研究之中。一方面, 发现相对于自然概念而言, 人们对超自然概念的信息加工(如记忆)具有一定的优势。例如, Boyer和Ramble^[5]在实验中证实, 人们对诸如“可以透过墙壁看到东西的人”或“可以漂浮在空中的家具”等这样一些超自然概念的记忆成绩, 会明显地好于对诸如“可以看到眼前东西的人”或“可以挪动的家具”等概念, 并且这种记忆优势效应普遍地存在于不同文化背景下的人群之中, 这样的发现在一定意义上解释了为什么童话会更受儿童的喜爱, 而那些富有神话和宗教色彩的传奇会在所有的人类文明中普遍存在并广

为流传. 而另一方面, 人们构成超自然概念的能力也并非是没有限度的, 研究发现, 即使是对于宗教和神学领域中的那些高度复杂高度抽象的超自然概念, 人们在日常生活和成长历程中所获得的朴素的范畴知识仍会在实际认知操作过程中发挥重要作用. 例如, 研究发现在一个已经假设了有不受时空限制的上帝或神灵存在的宗教神学系统中, 信奉者在实际的问题求解或因果推论过程中也仍会将上帝或神灵表征为像我们人类那样经历时空^[6]; 而更有研究证据表明, 人们对超自然概念的记忆优势效应并非违背直觉(counterintuitive)的程度越大就会越强. 事实上, 恰恰是那些与直觉经验违背程度较小的超自然概念的记忆效果会更好^[4]. 这能够在一定意义上解释了为什么恰恰是那些包含了较少的超自然元素的神话和宗教传说却比那些古怪离奇的故事更具文化上的生命力.

尽管已有研究者从理论角度列出了一系列包括超自然概念在内的与神话和宗教认知过程相对应的脑神经网络^[7], 但迄今为止, 我们尚未见到确切的认知神经科学证据对此加以说明. 本研究利用功能核磁共振成像技术(fMRI)探索和研究具有跨范畴特征

的超自然概念的脑内认知加工过程. 为了达到更加严格合理地控制实验条件的目的, 本研究在参照以往行为实验设计的基础上^[1,3]进行了一些改进, 基于标准的语义网络构建了三类实验材料: 一是具有本范畴特征的动植物(如具有树特征的树或具有鸟类特征的鸟, 简称Violation[0]), 二是具有相对较小幅度的跨范畴特征的动植物(如在不跨越动物或植物各自范畴特征的前提下, 具有花草特征的树或具有鱼类特征的鸟, 简称Violation[1]), 三是具有较大幅度的跨范畴特征的动植物(如在不跨越生物范畴特征的前提下, 但跨越了动物或植物范畴特征, 即具有动物特征的树或具有植物特征的鸟, 简称Violation[2]) (图 1).

本研究通过研究和比较人们对于三类动植物概念进行构想和表征的脑认知过程, 拟对两个问题加以回答: 第一, 参与形成具有跨范畴特征的超自然概念表征的关键脑神经结构是什么? 第二, 人们在表征具有较小幅度和较大幅度的跨范畴特征的超自然概念时的脑活动是否会有差别? 对于第一个问题, 尽管目前尚未获得直接的脑科学证据提示的特定假设, 但是根据前述的超自然概念形成的跨范畴特征

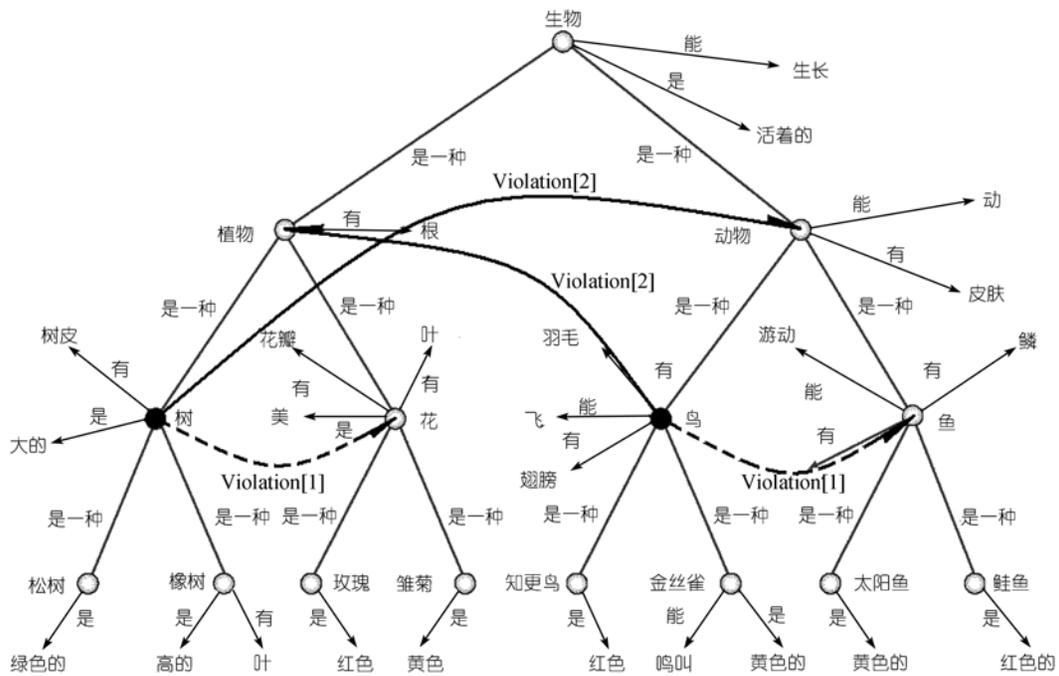


图 1 具有不同幅度的跨范畴特征的动植物概念的构建图示

组合假设, 我们仍有理由预期那些与语义信息加工特别是心理操作有关的额叶区域会参与其中. 而对于第二个问题, 尽管有行为研究^[4]表明: 如果在一个供被试学习的词单中具有跨范畴特征的概念所占的比例是中等的话, 则其记忆编码的效果甚至会好于那些跨范畴特征的概念所占比例较大的情况, 而这似乎提示一个特定概念的跨范畴幅度的大小会对应相应的脑认知加工过程, 但鉴于作为间接指标记忆成绩会受到其他无关因素的影响(如人们对那些具有与众不同的个别特征的项目的记忆会更好), 人们尚且无法确切地知道概念的跨范畴幅度的大小是否会导致显著的脑认知过程的差别, 而脑功能成像将为我们提供直接的研究证据.

1 方法

1.1 被试

年龄在 20~27 岁之间的大学本科生或研究生被试 14 名(13 男, 1 女), 均无心理或精神疾病, 视力或校正视力正常. 在正式实验之前, 主试向被试详细地说明了 fMRI 实验的原理、方式以及安全性等问题, 并签署了符合有关实验伦理委员会规定的研究协议.

1.2 实验材料及程序

依据动植物范畴特征的分类结构, 本实验构造了三类具有不同跨范畴幅度的动植物概念. 一类是具有本范畴特征的动植物(Violation[0]), 即具有树木特征的树木和具有鸟类特征的鸟; 二是具相对较小幅度的跨范畴特征的动植物(Violation[1]), 即具有花草特征的树木和具有鱼类特征的鸟; 三是具有较大幅度的跨范畴特征的动植物(Violation[2]), 即具有动物特征的树木和具有植物特征的鸟. 研究选取了 4 种有一定代表性鸟类(云雀、鹤、孔雀、麻雀)和树木(松、柏、枫树、杉). 每种鸟类构成以下 3 种条件的句子各两句, 以云雀为例, 两句描述具有云雀特征的云雀, 如“能飞向高空的云雀”或“能够鸣叫的云雀”; 两句描述具有鱼类特征的云雀, 如“身上长鱼鳞的云雀”或“生活在大海中的云雀”; 两句描述具有植物特征的云雀, 如“长有绿叶的云雀”或“可以种植在花盆里的云雀”. 每种树木也构成 3 种条件的句子各两句, 以松树为例, 两句描述具有松树特征的松树, 如“长满绿

色松针的松树”或“能长松果的松树”; 两句描述具有花特征的松树, 如“长花蕾的松树”或“开菊花的松树”; 两句描述具有动物特征的松树, 如“有眼能看见的松树”或“有腿能走动的松树”. 因此, 每类概念或者条件都有 16 个句子, 8 个描述树木, 8 个描述鸟类, 全部 3 种条件共有 48 个句子.

上述所有的句子都被编排进一个完整的故事框架之中^[5], 故事情节以科幻小说的形式展开, 描述某人要被派遣到一个外星球去担任大使, 为了在赴任之前了解那个星球上的基本情况, 他前往博物馆参观了在那个星球上生活的动植物, 这些动植物有的与地球上的很相似, 而有的则有很大的差别. 接着一一向其呈现上述的动植物概念. 对于每种动植物的描述都包括前、后两个部分, 如: “有一种云雀能够飞向高空”(前半句), “它会突然从高空俯冲而下”(后半句), 在实验扫描过程中, 前半句和后半句相继在屏幕上呈现, 各呈现 8 s, 中间并无间隔, 因此, 关于每种动植物的描述所占的时间为 16 s, 构成一个短的区组(block). 实验要求被试在句子呈现期间尽可能准确而生动地想象句子所描绘的动植物的形象, 但当句子在屏幕上消失时被试应当及时终止想象, 并把注意力转向注视屏幕中央呈现的“+”字, 直到下一个句子出现为止. 不同的动植物概念之间的时间间隔为 3.5 s. 每呈现 3 个动植物概念就会有一个时间长度为 24 s 的长休息区组, 全部实验共有 16 个休息区组.

在正式实验之前, 主试详细地向被试说明了实验的情况和要求, 并用事先准备好的、与正式实验的材料类似的练习材料(这些材料并不在正式实验中再次使用)让被试做练习, 使之熟悉实验的步骤、速度以及注意事项. 考虑到在本实验中被试的认知任务是想象故事里所描绘的情景, 为了确保其配合, 主试要求被试认真想象并得到其承诺, 并且主试还告知被试通过脑成像扫描分析, 主试能够清楚地知道他们在脑中想象的情形. 扫描实验结束之后对被试的询问表明, 所有被试都能够并且乐于针对故事的描述进行想象.

1.3 脑成像方法

采用 3T Signa MRI 扫描仪和在配备 EPI 功能的头线圈的条件下进行脑成像. 功能性图像采用 T2*加

权的倾斜梯度回波序列。取 18 层 5.5 mm 厚间隔扫描(标准间隔为 1 mm, 但根据被试脑的具体大小进行适当调整, 使覆盖全脑, 调整的幅度在 0.7~1.2 mm 之间)记录全脑的活动。因为 3T 的设备有足够强大的场强, 故采用单次激励。成像参数为: TR=2 s, TE=30 ms, FA=80°, FOV=20×20 cm(Matrix=64×64)。为了防止头动, 在被试的颈部戴了通常在颈椎受伤时使用的固定带, 并且在头线圈与被试的头部之间添加了海绵块。在实验过程中要求被试将注视点集中于通过倾斜的反光镜所看到的计算机屏幕的中央, 并在扫描特别是执行认知任务的过程中保持头部以及身体其他部分(如肢体)不动, 并在阅读和想象过程中注意避免口舌和言语运动。

1.4 脑成像数据分析方法

在图像重建后, 使用 SPM 软件对每名被试的数据进行预处理。然后分别对 14 名被试经过标准化的脑成像数据采用 SPM2 的区组(block)设计分析程序进行建模, 在模型中定义了如下几类区组: (1) 具有鸟类特征的鸟类; (2) 具有树木特征的树木; (3) 具有鱼类特征的鸟类; (4) 具有花草特征的树木; (5) 具有植物特征的鸟类; (6) 具有动物特征的树木; (7) 其他(被试在阅读故事背景情节时的脑活动, 但并不对此类区组加以分析)。最后在上述各名被试的固定效应(fixed-effect)模型的基础上二次估模, 建立随机效应(random-effect)模型。差别检验的阈限: $P < 0.001$ (uncorrected), $KE > 50$ voxels。鉴于人们对于动物与植物概念加以构想的脑活动差别不大且并非这个实验研究所关心的重点, 因此, 在分析时将上述第(1), (2)类区, 第(3), (4)类区组以及第(5), (6)类区组分别合并构成 Violation[0], Violation[1]和 Violation[3] 3 种条件并加以比较。

2 结果

相对于静息状态而言, 在 3 种实验条件下均激活了包括额上回及内侧面的额叶(BA6,8)、左侧额中回与额下回(BA46,45,47)、左侧楔前叶(BA7)、左侧小脑等一些区域(表 1, 2 和图 2)。而相对于本范畴特征的动植物想象(Violation[0])而言, 较小与较大幅度的跨范畴特征概念的构想(即 Violation[1]与 Violation[2])

均伴随有更多的左侧额中回(BA6)的活动。但在不同幅度的跨范畴特征概念(Violation[1]与 Violation[2])之间并无明显差异。

3 讨论

相对于静息状态而言, 3 种不同程度的跨范畴特征的动植物概念(Violation[0], Violation[1]与 Violation[2])的想象过程均激活了额叶、枕叶、颞叶以及小脑等一些区域, 这些区域的活动与注意控制、视觉信号输入、语言信息加工以及想象等认知过程有关, 并与以往对于故事理解的脑成像实验中所观察到的脑神经网络激活基本相似^[8], 这也从一个侧面再次说明了本实验的认知任务操纵以及脑成像的技术与方法具有可靠性。

需要指出的是, 这项研究的重点是揭示超自然概念的内部表征过程, 而这个过程的核心特征则是跨范畴特征的重新组合。尽管超自然概念的表征通常伴随着具体生动的想象过程, 但也可能伴随更加抽象的思维和推理(例如, 当人们在表征“身上长绿叶的鸟”时, 既可能形成这种鸟的具体表象, 也可能同时会对抽象的动植物特征进行一些深度加工)。因此, 本实验设计采用了比较自然的故事呈现和理解想象的方式, 除了在指导语中要求和鼓励被试去想象之外, 既未采取特别的措施(如要求被试做判断目标概念的形体大小的认知操作)强调和促成被试的内部想象过程; 也未像那些以探讨想象过程的脑机制为主要目的的研究中所做的那样, 在言语材料呈现但却不要求想象的条件与要求想象的条件之间加以区分^[9]。之所以这样安排, 一方面是为了在鼓励被试主动参与对信息加工目标的认知操作的同时, 尽可能保持那些在超自然概念的内部表征过程中可能存在的其他认知元素(如抽象思维元素)相对不受干扰。另一方面也是因为我们相信想象过程通常伴随阅读理解过程而自然发生——这一点不仅为有关故事理解的一般理论模型(如Event-Indexing Model和Immersed Experiencer Framework)所设定和预期^[10,11], 而且也受到大量有关记忆现实性监控错误的实验证据的支持。有关的研究表明: 人们会把之前阅读的文字错误地记忆为看到的景象^[12~14], 这说明即使不明确地要求人们去想象, 想象过程也会自然而然地伴随文字

表 1 3 种实验条件(Violation[0], Violation[1], Violation[2])与静息状态比较所激活的脑区

激活簇 K_E	像素					Talairach 坐标			脑区	BA	距离
	$p(\text{FWE-cor})$	$p(\text{FDR-cor})$	T	$\equiv Z$	$p(\text{unc})$	x	y	z			
Violation[0]											
2561	0.006	0.004	10.57	5.34	<0.001	-51	20	3	左额下回	47	3
	0.137	0.005	7.23	4.5	<0.001	-42	15	20	左额中回	46	5
	0.168	0.005	7.02	4.44	<0.001	-38	0	41	左额中回	6	3
925	0.008	0.004	10.29	5.28	<0.001	-42	-50	-28	左小脑		
	0.128	0.005	7.3	4.53	<0.001	-51	-43	-13	左颞中回	20	3
	0.442	0.006	5.99	4.08	<0.001	-46	-61	-26	左小脑		
987	0.036	0.004	8.59	4.89	<0.001	-12	5	66	左额上回	6	7
	0.056	0.004	8.13	4.77	<0.001	-10	13	62	左额上回	6	3
	0.123	0.005	7.34	4.54	<0.001	-4	1	63	左额上回	6	1
228	0.042	0.004	8.43	4.85	<0.001	16	-94	-15	右舌回	17	3
	0.947	0.015	4.63	3.49	<0.001	10	-87	-23	右小脑		
196	0.127	0.005	7.31	4.53	<0.001	-20	-94	-19	左梭状回	18	5
	0.99	0.022	4.25	3.3	<0.001	-26	-85	-24	左小脑		
292	0.259	0.005	6.58	4.29	<0.001	-30	-70	37	左楔前叶, 灰质	19	3
168	0.57	0.007	5.67	3.95	<0.001	57	23	23	右额中回	46	3
	0.729	0.008	5.3	3.8	<0.001	55	30	22	右额中回	46	3
	0.945	0.015	4.64	3.5	<0.001	55	25	4	右额下回	45	5
174	0.761	0.009	5.23	3.77	<0.001	-16	-3	9	左豆状核		1
82	0.94	0.014	4.66	3.51	<0.001	-16	-32	68	左中央前回	4	3
	0.957	0.015	4.57	3.47	<0.001	-24	-28	62	左中央后回	3	3
Violation[1]											
1073	0	0	15.65	6.14	<0.001	-48	-52	-28	左小脑		
	0.013	0.001	9.64	5.14	<0.001	-18	-96	-17	左舌回	17	7
	0.247	0.002	6.55	4.28	<0.001	-51	-41	-11	左颞中回	20	1
1382	0.007	0.001	10.38	5.3	<0.001	-8	12	53	左额上回	6	3
	0.007	0.001	10.33	5.29	<0.001	-8	13	62	左额上回	6	3
	0.011	0.001	9.79	5.17	<0.001	-8	-1	63	左额上回	6	1
369	0.012	0.001	9.7	5.15	<0.001	-28	-66	33	左楔前叶	7	5
3393	0.04	0.001	8.41	4.84	<0.001	-51	20	3	左额下回	47	3
	0.072	0.001	7.8	4.67	<0.001	-44	9	24	左额下回	9	5
Violation[1]											
	0.096	0.001	7.5	4.59	<0.001	-46	33	2	左额下回	45	7
502	0.063	0.001	7.93	4.71	<0.001	-16	4	-2	左豆状核	1	
223	0.18	0.002	6.87	4.39	<0.001	16	-90	-21	右梭状回	18	11
	0.759	0.007	5.16	3.74	<0.001	22	-96	-12	右梭状回	18	3
152	0.315	0.003	6.29	4.19	<0.001	18	6	-2	右豆状核	1	

续表 1

激活簇 K_E	像素					Talairach 坐标			脑区	BA	距离
	$p(\text{FWE-cor})$	$p(\text{FDR-cor})$	T	$\equiv Z$	$p(\text{unc})$	x	y	z			
Violation[1]											
	0.625	0.005	5.47	3.87	<0.001	18	7	-9	右豆状核	1	
137	0.764	0.007	5.15	3.73	<0.001	-24	-24	55	左中央前回	4	3
	0.949	0.012	4.54	3.45	<0.001	-32	-26	55	左中央前回	4	3
	0.958	0.012	4.49	3.43	<0.001	-32	-29	47	左中央后回	3	3
Violation[2]											
1715	0.001	0	12.65	5.71	<0.001	-6	7	64	左额上回	6	1
	0.009	0.001	10.11	5.24	<0.001	-6	28	48	左额中回	8	3
	0.011	0.001	9.92	5.2	<0.001	-8	12	51	左额上回	6	1
1008	0.006	0.001	10.73	5.37	<0.001	-16	10	-4	左壳		1
	0.78	0.005	5.18	3.75	<0.001	-24	-7	-20	左杏仁		3
1074	0.011	0.001	9.95	5.21	<0.001	-18	-94	-19	左梭状回	18	7
	0.056	0.001	8.14	4.77	<0.001	-51	-43	-11	左颞中回	20	3
	0.063	0.001	8.03	4.74	<0.001	-46	-52	-28	左小脑		
3818	0.013	0.001	9.74	5.16	<0.001	-42	42	-12	左额中回	11	5
	0.019	0.001	9.28	5.06	<0.001	-53	21	1	左额下回	47	1
	0.03	0.001	8.8	4.94	<0.001	-44	9	24	左额下回	9	5
289	0.017	0.001	9.45	5.1	<0.001	14	-92	-16	右舌回	17	5
	0.977	0.011	4.42	3.39	<0.001	4	-85	-23	右小脑		
340	0.172	0.001	7.01	4.43	<0.001	-28	-64	31	左楔前叶	7	7
	0.792	0.005	5.15	3.74	<0.001	-30	-73	46	左顶上小叶	7	1
191	0.483	0.003	5.89	4.04	<0.001	16	8	1	右豆状核		1
106	0.941	0.008	4.66	3.51	<0.001	4	-73	-28	右小脑		
	0.95	0.009	4.62	3.49	<0.001	8	-58	-29	右小脑		
	0.986	0.012	4.32	3.34	<0.001	2	-58	-34	右小脑		

BA: Brodmann Area, 布洛德曼区

阅读和理解过程. 与上述理论预期相一致, 本实验的脑成像结果的确显示了很有可能与想象过程有关的脑区活动. 具体地讲, 3 种实验条件(Violation[0], Violation[1]和Violation[2])相对于基线的静息水平而言, 都伴随有明显的颞中回和颞下回的活动, 且其激活区域的范围延伸至梭状回(图 3). 根据以往的研究, 这些区域属于所谓的腹侧通道(the ventral pathway), 与物体和面孔识别有关^[15,16], 负责对视觉表征的图形特征方面的储存和唤起^[17]. 特别地, 在本研究中所观察到的这些腹侧通道的区域与Mellet等人^[9]在一项

类似的实验中所观察到的活动区域很接近. 该项研究比较了两种条件, 一种条件是听一个具体名词(如瓶子、吉他、狮子)及其定义并要求被试产生相应的视觉表象(CONC条件), 另一种条件是听一个抽象名词(如, 语法、理论、合成)及其定义(ABST条件), 而并不要求被试进行视觉想象. 其研究表明: CONC条件减去ABST条件显示了与本研究结果相似的颞中回和颞下回的活动, 而这些活动则很有可能是参与想象的关键性脑区.

在 3 种关键性的实验条件 Violation[0], Viola-

表 2 3 种实验条件(Violation[0], Violation[1], Violation[2])之间相互比较所激活的脑区

激活簇 K_E	像素					Talairach 坐标			脑区	BA	距离
	$p(\text{FWE-cor})$	$p(\text{FDR-cor})$	T	$\equiv Z$	$p(\text{unc})$	x	y	z			
Violation[1] > Violation[0]											
274	0.323	0.335	6.22	4.16	<0.001	-28	18	54	左额中回	6	3
59	0.695	0.369	5.27	3.79	<0.001	-12	-35	-3	左海马旁回	30	3
	0.95	0.429	4.49	3.43	<0.001	-8	-43	0	左海马旁回	30	3
Violation[0] > Violation[1]											
94	0.72	0.557	5.21	3.76	<0.001	-32	-52	-33	小脑		
	0.94	0.557	4.55	3.46	<0.001	-24	-48	-35	小脑		
	0.978	0.557	4.29	3.33	<0.001	-20	-56	-34	小脑		
158	0.725	0.557	5.19	3.76	<0.001	36	-77	19	右枕中回	19	7
	0.993	0.557	4.09	3.22	0.001	24	-74	35	右楔前叶	19	3
	0.994	0.557	4.05	3.2	0.001	28	-76	28	右楔叶	19	7
60	0.911	0.557	4.67	3.52	<0.001	8	54	-1	右额上回	10	1
Violation[2] > Violation[0]											
93	0.663	0.457	5.54	3.9	<0.001	-24	18	56	左额中回	6	3
65	0.919	0.457	4.83	3.59	<0.001	-8	-32	-24	脑干		
	0.998	0.457	4.05	3.2	0.001	-6	-28	-17	脑干		
54	0.948	0.457	4.69	3.53	<0.001	-12	-13	3	左丘脑		1

BA, Brodmann Area, 布洛德曼区

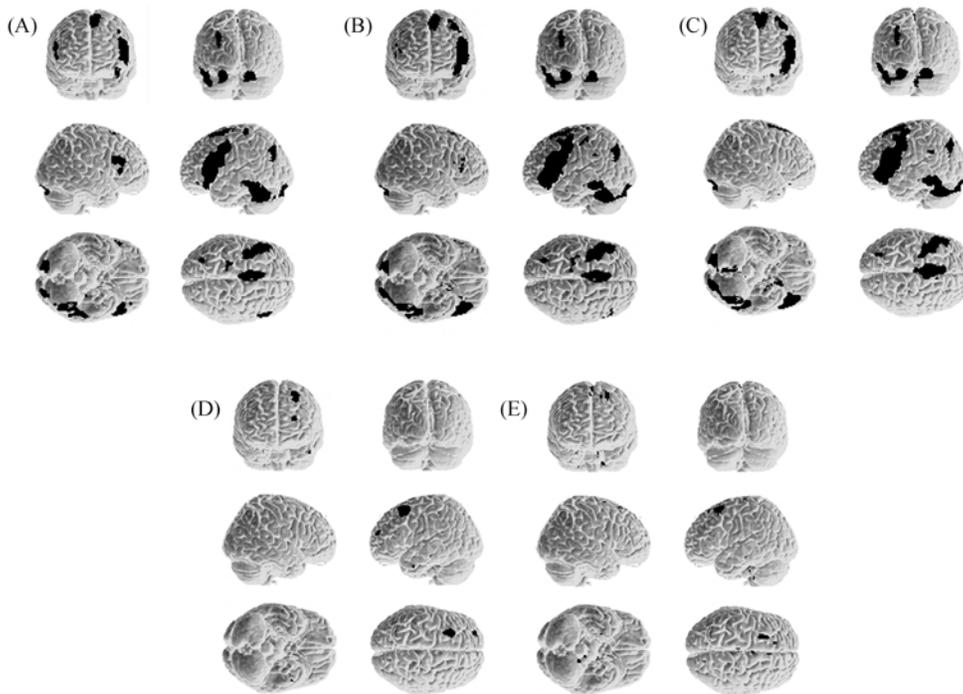


图 2 3 种条件下脑激活情况(表 1 和 2)

(A) Violation[0] > 静息状态; (B) Violation[1] > 静息状态; (C) Violation[2] > 静息状态;

tion[1]与Violation[2]之间的直接比较发现, 相对于本范畴特征的动植物想象而言, 较小与较大幅度的跨范畴特征概念的想象均伴随有更多的左侧额中回(BA6)的活动. 以往的研究表明, 这个区域可能参与心理旋转^[18]、语义加工^[19]以及推理^[20]等认知操作. 尽管额叶BA6区在传统上被认为是一个参与高级运动控制的脑区, 但是近期却有充分的实验证据表明此

(D) Violation[1]>Violation[0]; (E) Violation[2]>Violation[0] 区域亦可参与非运动性的认知活动. 例如, Hanakawa等人^[21]的实验显示, 无论是涉及数字信息还是言语信息或空间信息的心理操作, 都会伴随额叶BA6区的激活, 并且电生理的纪录分析表明, 在这种激活发生时人们并没有骨骼肌肉运动、眼动或者言语动作. Tanaka等人^[22]利用脑成像技术(fMRI)与经颅磁刺激技术(TMS)证实, 额叶BA6区参与更新言语信息表

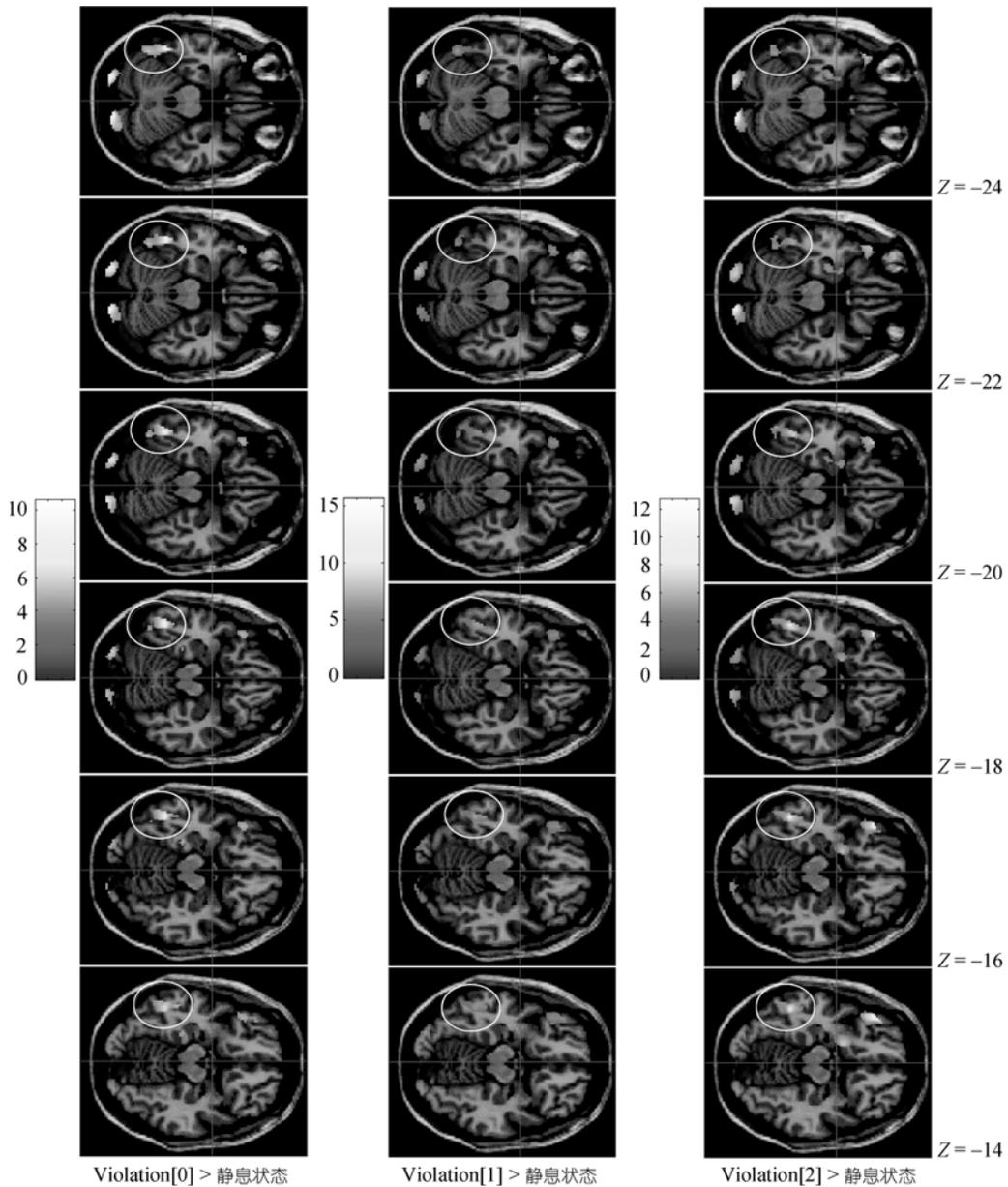


图3 3种实验条件下观察到的额中回和额下回的脑活动
左上角用圈标记部分

征和空间信息表征的相关的心理操作, 如果这个区域的功能受到TMS的干扰, 则相应的认知操作成绩会呈现下降趋势。更为重要地, Abe等人^[23]在近期研究中发现, 与邻近的背外侧额叶(dorsolateral prefrontal cortex, DLPFC, BA9/46)在工作记忆操作(working memory manipulation)中负责记忆成分分离与选择性注意不同, 额叶BA6 区的功能在于将原本没有直接联系的工作记忆成份捆绑在一起形成一个完整组块。基于以上考虑, 本研究认为, 在这个实验中所观察到的具有跨范畴特征的动植物概念的想象过程相对于不具有上述特征的概念的想象之所以会伴随运动区域的激活, 是因为根据超自然概念形成的跨范畴特征组合的假设, 超自然概念的构想过程往往需要额外的心理操作, 将不同的跨范畴特征等认知成分合成在一起, 形成完整统一的心理表征。考虑到在Violation[0], Violation[1]与Violation[2] 3种实验条件下的认知任务在视觉刺激的复杂程度, 信息加工要求以及难度等方面基本匹配, 因此可以认为实验所观察到的在额叶6区的激活与肌肉运动无关, 而与认知活动有关。

在不同幅度的跨范畴特征概念(即Violation[1]与Violation[2])之间的直接比较并未显示显著的差异, 这提示我们的脑内反应似乎只是对是否跨范畴较为敏感, 而对跨范畴幅度的大小则并不敏感。这一发现与前人的行为实验观察并不一致, 研究表明^[4], 如果改变一个供被试学习的词单中具有跨范畴特征的概念所占的比例, 则其记忆编码的效果也会随之改变。但鉴于本实验与上述的行为实验采用了不同的研究范式, 本实验采用了Boyer和Ramble^[5]的实验设计, 所有的实验项目都在一个完整的科幻故事框架之下呈现, 且各类不同的跨范畴特征概念的比例相同(1 :

1 : 1), 因此在两个研究之间并不具有严格的可比性。考虑到在这个实验中我们通过改变动物(鸟类、鱼类)和植物(树木、花草)范畴特征来严格地界定跨范畴幅度的大小, 这无疑比通过改变各类不同性质的项目在整个编码词单中所占的比例能更加确切地说明跨范畴幅度的大小究竟是否会造成相应的脑认知加工过程的变化。

虽然具有跨范畴特征的超自然概念被认为与宗教概念之间有着密切的联系^[2,3,7], 并且以往也有一些研究将超自然概念当作宗教概念的等同替代进行研究^[1,5,24-27], 但超自然概念的含义事实上却远比宗教概念更加广泛, 它们不但存在于宗教信仰系统中, 而且普遍存在于传奇、神话、童话、迷信甚至白日梦和睡梦之中。但是, 相比于那些有代表性的高度抽象和高度复杂的宗教概念而言, 一般意义上的超自然概念并不具有如此丰富的认识上以及体验上的内涵。因此, 超自然概念与宗教概念之间既有联系又有区别。考虑到此前尚未见到类似的认知神经科学研究在这个方面加以探讨, 因此本研究选取了较为基本的超自然概念作为选题加以研究, 以期能够为下一步的深入研究奠定基础。

总之, 本实验通过严格地界定和操纵不同水平的跨范畴特征, 证实了具有跨范畴特征的超自然概念的脑内表征过程可以激活与心理操作密切相关的脑区, 从而为超自然概念形成的跨范畴特征组合假设提供了直接的脑科学证据。本实验还在证实是否跨越范畴确实会对相应的脑认知加工过程产生明显影响的基础上, 进一步表明跨越幅度的大小并不会造成显著的差别, 这提示我们的脑认知反应可能只对是否跨范畴较为敏感, 而对跨范畴幅度的大小则并不敏感。

参考文献

- 1 Norenzayan A, Atran S, Faulkner J, et al. Memory and mystery: the cultural selection of minimally counterintuitive narratives. *Cogn Sci*, 2006, 30(3): 531—553
- 2 Boyer P, Bergstrom B. Evolutionary perspectives on religion. *Annu Rev Anthropol*, 2008, 37: 111—130 [\[DOI\]](#)
- 3 Barrett J L. Exploring the natural foundations of religion. *Trends Cogn Sci*, 2000, 4(1): 29—34 [\[DOI\]](#)
- 4 西方哲学原著选读(上卷). 北京: 商务印书馆, 1981. 518
- 5 Boyer P, Ramble C. Cognitive templates for religious concepts: cross-cultural evidence for recall of counter-intuitive representations. *Cogn Sci*, 2001, 25: 535—564 [\[DOI\]](#)
- 6 Barrett J L. Theological correctness: cognitive constraint and the study of religion. *Method Theory St Rel*, 1999, 11: 325—339 [\[DOI\]](#)

- 7 Boyer P. Religious thought and behaviour as by-products of brain function. *Trends Cogn Sci*, 2003, 7(3): 119—124[DOI]
- 8 Mar R. The neuropsychology of narrative: story comprehension, story production and their interrelation. *Neuropsychologia*, 2004, 42: 1414—1434[DOI]
- 9 Mellet E, Tzourio N, Denis M, et al. Cortical anatomy of mental imagery of concrete nouns based on their dictionary definition. *NeuroReport*, 1998, 9: 803—808
- 10 Zwaan R A. The immersed experiencer: toward an embodied theory of language comprehension. In: Ross B H, ed. *The Psychology of learning and motivation*. New York: Academic Press, 2003, 44: 35—62
- 11 Zwaan R A, Radvansky G A. Situation models in language comprehension and memory. *Psychol B*, 1998, 123: 162—185[DOI]
- 12 Johnson M K, Raye C L. Reality monitoring. *Psychol Rev*, 1981, 88: 67—85[DOI]
- 13 Johnson M K, Raye C L, Foley H J, et al. Cognitive operations and decision bias in reality monitoring. *Am J Psychol*, 1981, 94: 37—67[DOI]
- 14 Intraub H, Hoffman J E. Reading and visual memory: remembering scenes that were never seen. *Am J Psychol*, 1992, 105: 101—114[DOI]
- 15 Haxby J V, Horwitz B, Ungerleider L G, et al. The functional organization of human extrastriate cortex: a PET-rCBF study of selective attention to faces and locations. *J Neurosci*, 1994, 14: 6336—6353
- 16 Kanwisher N, Woods R P, Iacoboni M, et al. A locus in human extrastriate cortex for visual shape analysis. *J Cogn Neurosci*, 1997, 9: 133—142[DOI]
- 17 Martin A, Wiggs C L, Ungerleider L G, et al. Neural correlates of category-specific knowledge. *Nature*, 1996, 379(6566): 649—652[DOI]
- 18 Kucian K, Loenneker T, Dietrich T, et al. Gender differences in brain activation patterns during mental rotation and number related cognitive tasks. *Psychol Sci*, 2005, 47(1): 112—131
- 19 Gabrieli J D E, Poldrack R A, Desmond J E. The role of left prefrontal cortex in language and memory. *Proc Natl Acad Sci USA*, 1998, 95: 906—913[DOI]
- 20 Acuna B D, Eliassen J C, Donoghue J P, et al. Frontal and parietal lobe activation during transitive inference in humans. *Cereb Cort*, 2002, 12(12): 1312—1321[DOI]
- 21 Hanakawa T, Honda M, Sawamoto N, et al. The role of rostral Brodmann area 6 in mental-operation tasks: an integrative neuroimaging approach. *Cereb Cort*, 2002, 12(11): 1157—1170[DOI]
- 22 Tanaka S, Honda M, Sadato N. Modality-specific cognitive function of medial and lateral human Brodmann Area 6. *J Neurosci*, 2005, 25(2): 496—501[DOI]
- 23 Abe M, Hanakawa T, Takayama Y, et al. Functional coupling of human prefrontal and premotor areas during cognitive manipulation. *J Neurosci*, 2007, 27(13): 3429—3438[DOI]
- 24 Upala M, Afzal G, Lauren O, et al. Contextualizing counterintuitiveness: how context affects comprehension and memorability of counterintuitive concepts. *Cogn Sci*, 2007, 31(3): 415—439
- 25 Barrett J L, Keil F C. Conceptualizing a nonnatural entity: anthropomorphism in God concepts. *Cogn Psychol*, 1996, 31(3): 219—247[DOI]
- 26 Barrett J L, Nyhof M. Spreading non-natural concepts: the role of intuitive conceptual structures in memory and transmission of cultural materials. *J Cogn Culture*, 2001, 1: 69—100[DOI]
- 27 Slonea D J, Goncceb L, Upalc A, et al. Imagery effects on recall of minimally counterintuitive concepts. *J Cogn Culture*, 2007, 7(3-4): 355—367[DOI]