

# 儿童观看卡通片激活内侧前额皮层

韩世辉 蒋毅 许晓婧 Glyn W. Humphreys

( 北京大学心理学系, 北京 100871; 北京大学前沿与交叉学科研究院功能成像中心, 北京 100871; Behavioral Brain Sciences, School of Psychology, University of Birmingham, Birmingham, UK. E-mail: [shan@pku.edu.cn](mailto:shan@pku.edu.cn))

**摘要** 成人的内侧前额叶皮层(medial prefrontal cortex, MPFC)参与加工真实人物而非虚拟人造角色的心理活动. 与成人相比, 儿童更加迷恋卡通形象, 本文研究儿童的 MPFC 活动是否也能区分加工真实人物和虚拟人造角色的心理活动. 通过功能磁共振成像(functional magnetic resonance imaging, fMRI)测量 10 岁儿童观看电影和卡通片段时候的大脑激活情况, 其中电影和卡通分别代表真实和虚拟生活场景. 结果发现, 与成人不同, 儿童的 MPFC 在观看描述类似事件的真实人物和虚拟角色的时候都会被激活. 这些结果表明, 10 岁左右的儿童观看虚拟现实中的虚拟角色时, 其 MPFC 可以被自动激活, 这与成人的 MPFC 活动不同.

**关键词** 功能磁共振成像 心理理论 内侧前额皮层 儿童 卡通

在日常生活中, 儿童比成人更容易被卡通动画吸引. 在儿童的大脑中是否有特殊的区域用于加工卡通动画呢? 最近的功能磁共振成像(functional magnetic resonance imaging, fMRI)研究发现, 成人在观看由真人表演的电影片段和虚拟角色的动画片段时, 大脑活动有显著的差异<sup>[1]</sup>. 与静息状态的基线相比, 真人表演的连续电影场景会激活成人的内侧前额皮层(medial prefrontal cortex, MPFC), 该脑区的功能是根据心理活动解释和预测他人行为或加工他人的心理理论<sup>[2-5]</sup>. 但是, 当成人观看虚拟角色(如变形金刚和机器恐龙)的卡通片段时, 其 MPFC 却没有激活, 表明成人在认知真实和虚拟世界上的差异, 即成人自动加工现实生活中人物的心理活动, 对虚拟场景中的人造角色却没有类似的自动加工. 本文研究当儿童观看虚拟场景中的人造角色时, 他们的 MPFC 区是否会与观看真实生活一样被激活.

儿童对于卡通动画的浓厚兴趣可能是由于他们大脑中特定的区域参与对卡通的认知加工. 为了验证这个假设, 我们测量 10 岁儿童在观看无声电影和卡通片段时候的大脑激活情况. 这些简短的片段包括人们在现实生活中的情境, 如乘坐地铁或在课堂上提问(见电影片段, 图 1(a)), 或非人物形象, 如变形金刚和机器恐龙行走或在虚拟场景中打斗(见卡通动画, 图 1(b)). 同时从电影和动画片段中截取静态的图片, 随机呈现, 作为控制条件与被试观看电影和

动画片段时大脑激活状态相比较, 从而排除早期视觉加工差异的影响. 实验的关键是检验儿童观看电影和卡通片段时大脑 MPFC 区是否都会被激活.

## 1 材料与方法

( ) 被试. 被试为 10 名儿童(10 岁, 其中 5 个男孩), 没有精神类疾病史. 被试均为右利手, 裸眼视力或校正视力正常, 无色盲. 实验前征得被试家长的书面同意. 本研究获得了伦理委员会的批准.

( ) 刺激与过程. 刺激图形通过投影仪投射到被试脚边的屏幕上, 被试经由固定在头部线圈上的镜子来观察屏幕. 实验刺激包括无声的电影和卡通片段, 以及从其中截取的静态图像. 如图 1 所示, 电影片段描述了人们现实生活中的场景(如在地铁站内行走相遇、学生在课堂上发言等). 卡通片段描绘了虚拟世界中的人造角色和场景(如变形金刚或机器恐龙行走和打斗等). 电影和卡通都由 29 帧/s 的图像组成. 实验中被试的视距为 70 cm, 电影和卡通呈现的视角分别为  $28^\circ \times 16^\circ$ (宽  $\times$  高)和  $27^\circ \times 20^\circ$ .

静息图像的大小与电影和卡通相同, 每个被试进行 4 个 280 s 的扫描. 每个扫描包含 4 个 1 min 的组块, 电影、卡通和静态图像之间使用伪随机序列在被试间平衡. 每个组块开始前有 10 s 黑屏作为基线. 在静息图像阶段, 每隔 2 s 从电影和卡通中随机抽取一幅图像, 一共抽取 30 幅图像(每张图片呈现时间 2 s),



图1 本研究中使用的电影和卡通片段中截取的图像  
(a) 电影片段中的图像, (b) 卡通片段中的图像

将这些抽取后的图像随机呈现. 电影和卡通片段以及对应的静息图片在两段扫描中是正立的, 在另外两段扫描中是倒立的, 并且4个扫描的顺序在被试之间平衡. 实验要求被试观看电影、卡通或静息图像, 保持头不动.

( ) fMRI 图像获取及分析. 使用北京核磁共振中心的3-T Siemens Trio 系统扫描仪附加特定的头部标准线圈获取脑功能像. 功能像为32层轴状图像, 通过梯度回波脉冲序列测量, 范围覆盖整个大脑皮层(矩阵大小 =  $64 \times 64 \times 32$ ; 空间分辨率 =  $3.4 \text{ mm} \times 3.4 \text{ mm} \times 3.4 \text{ mm}$ ;  $TR = 2000 \text{ ms}$ ;  $TE = 30 \text{ ms}$ ;  $FOV = 240 \text{ mm}$ ; 倾角为  $90^\circ$ ). 结构像使用标准3D T1 加权序列(矩阵大小 =  $256 \times 256 \times 176$ ; 空间分辨率 =  $0.938 \text{ mm} \times 0.938 \text{ mm} \times 1.3 \text{ mm}$ ;  $TR = 1600 \text{ ms}$ ;  $TE = 3.93 \text{ ms}$ ). 实验中被试的头部由一些硬海绵材料固定, 防止扫描过程中的头动.

使用SPM99 (the Wellcome Department of Cognitive Neurology, UK)进行数据处理和分析. 对于功能像, 将每一个扫描序列的其他所有图像都与第一个扫描序列的图像进行校准, 以校正被试在实验过程中的细微头动及机器的漂移. 将结构像与功能像重定位过程中得到的平均图像协同校准后, 再将所有的图像按照  $2 \text{ mm} \times 2 \text{ mm} \times 2 \text{ mm}$  MNI (Montreal Neurological Institute)模版用双线性插值进行标准化,

并转化为Talairach坐标. 然后使用半高宽(Full-Width Half-Maximum, FWHM)为8 mm的高斯滤波对功能像进行空间平滑, 再对每个被试的数据用SPM99的组块设计功能模块进行固定效应模型估计. 在实验中定义了观看电影/卡通同观看静息图像的差异对比. 最后进行被试间的随机效应分析, 使得单个被试的参数估计结果能够推广到整体被试群体. 基于先前针对成人的实验研究结果, 我们预期MPFC以及其他相关脑区会有激活. 在单个体素水平上, 如果其未校正的 $P$ 值小于0.0005, 则认为该区域有显著性的激活. 最后, 将SPM得到的标准MNI坐标通过线性转换的方法转换为Talairach坐标<sup>[6]</sup>, 以确定激活的区域所对应的解剖结构 (<http://www.mrc-cbu.cam.ac.uk/Imaging/mnispace.html>). 同时进行感兴趣区域分析, 比较在SPM分析中有显著激活MPFC的fMRI信号在观看真实电影和卡通片段时的差异. 使用单个样本 $t$ 检验比较不同条件下MPFC中fMRI平均信号在观看电影(或卡通片段)和黑屏时的变化情况.

## 2 结果

与观看静态图像相比, 在观看电影片段时, 在双侧中颞叶皮层(middle temporal, MT)、后侧颞上沟(superior temporal sulcus, STS)(中心坐标为-50, -70, 4和50, -64, 10)以及MPFC(中心坐标为-4, 61, 10, 同

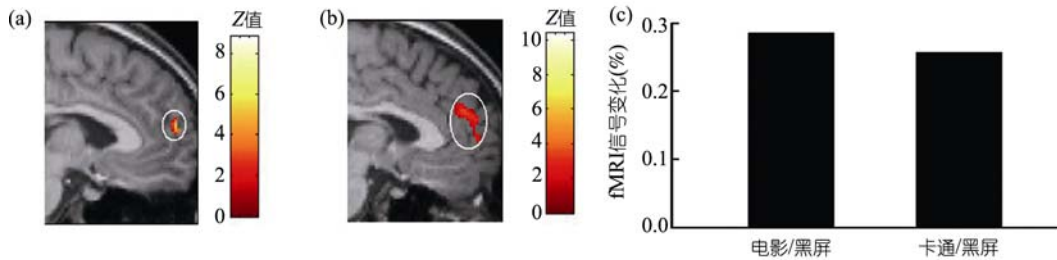


图 2 观看正立的描述人们生活的电影和卡通片段时 MPFC 的激活

(a) 观看正立的电影片段和静态图像时 MPFC 激活之间的比较; (b) 观看正立的卡通片段和静态图像时 MPFC 激活之间的比较; (c) 同黑屏相比, 观看电影和卡通片段时 MPFC 中 fMRI 信号的变化

Brodmann9 区一致, 图 2(a)显著激活. 与观看静态图像相比, 卡通片段也激活双侧 MT 区和后侧 STS 区(中心坐标为 -44, -70, 4 和 51, -58, 3)、双侧后顶叶 (superior parietal lobule, SPL)(中心坐标为 -18, -34, 55 和 28, -46, 59)以及 MPFC (-12, 54, 23, 如图 2(b)). 由于 MPFC 活动在进行很多认知加工时比静息状态激活水平低 [7], 进一步检查, 与观看黑屏相比, 观看电影和卡通片段是否也激活 MPFC. 感兴趣区域分析证实, 与观看黑屏的静息状态相比, 观看电影和卡通都可使 MPFC 中的 fMRI 信号增强(对应的  $t = 2.318$  和  $t = 2.193$ ,  $P < .003$ , 图 2(c)). fMRI 结果表明, 儿童和成人 [1]在观看电影时有着类似的激活模式, 而唯一差异在于儿童观看卡通片段也会激活 MPFC. 脑成像的证据提示, 儿童和成人对于虚拟世界中的人造角色的知觉存在显著的差异, 儿童在观看虚拟角色时可以激活 MPFC, 而成人没有类似的脑激活.

以前的研究发现, 成人被试被动观看倒置播放的电影片段时, MPFC 的激活会削弱 [1], 一个可能的解释是倒置的面孔相对较难识别和辨认 [18,9], 从而使得对角色心理归因的难度增加. 因此我们检验了在倒置播放电影和卡通片段的时候, 儿童的 MPFC 活动是否受到类似的影响. 让同一组儿童被试观看倒置的电影和动画片段, 同样也用观看静态图像作为控制条件. 相对随机呈现的倒置静态图像, 倒置的真实电影片段激活了双侧的 MT 和后侧的 STS (-48, -68, 3 和 50, -50, 7), 以及 SPL (-32, -41, 53 和 40, -34, 49), 没发现 MPFC 有任何的激活, 这与先前关于成人的实验结果类似. 倒置的卡通片段除了激活了双侧的 MT, 后侧的 STS (-50, -60, 10 和 56, -61, 12)和 SPL(-32, -33, 44 和 40, -33, 48)外, 还显著地激活了 MPFC (2, 59, 8).

### 3 讨论

本实验结果表明, 与成人类似, 儿童观看描述真实生活的电影片段会激活 MPFC, 但是观看倒置的电影片段时没有出现类似激活. 在儿童发现的结果和成人 [1]一致, 表明编码和知觉倒立的人存在一定的困难. 同样, 与观看静态图片相比, 儿童观看电影和卡通片段都会激活双侧 MT 区和后侧的 STS 区, 这些区域均参与加工运动方向 [10], 生物运动 [11]等. 本实验结果证明, 大脑加工电影和卡通中运动物体的神经机制在儿童和成人是相似的. 但是与成人结果不同的是, 10 岁的儿童在观看虚拟场景中的非人类角色(如变形金刚和机器恐龙等)卡通动画时也会出现 MPFC 的显著激活.

以前的实验提示, MPFC 参与他人心理理论的形成和构建 [2-5]. 当以旁观者的身份观看真实生活时, MPFC 的激活表明成人会自发地推测和理解他人在当前场景中的心理活动 [1]. 但是此过程在观看卡通动画时不会自发发生. 但与成人相比, 10 岁的儿童对于真实生活的电影片段和虚拟世界的卡通角色没有自动加工上的差异. 虽然我们的 fMRI 结果表明, 与成人相比, 10 岁的儿童在观看虚拟世界的卡通片段时有显著不同的神经活动, 但其 MPFC 活动功能仍不确定. 一个可能的解释是, 对于 10 岁的儿童来说, MPFC 参与加工他们对电影中真实人物和卡通中虚拟角色的心理归因. 但是本实验并没有验证这个可能的解释. 需要进一步的实验来验证儿童观看卡通片段时 MPFC 激活的功能.

值得关注的是, 当卡通片段倒置播放时, 儿童的 MPFC 区仍然出现了与倒立的虚拟场景中人造角色相关的激活. 这个结果进一步表明, 不管角色是否倒立呈现, 儿童在观看卡通动画时均会出现 MPFC 的

显著激活。根据我们的假设,如果 MPFC 激活表明了儿童对于卡通片段中非人物角色的心理归因,那么进一步可能的解释是,儿童对于卡通有着浓厚的兴趣,使得他们对于倒立的角色也会去推测和理解他们的心理活动。

本研究的实验结果提出了关于认知能力(特别是心理理论能力)发展的一些有趣的问题。以前的实验主要集中在探讨儿童何时开始具有对他心理归因的能力<sup>[12-15]</sup>,但是却忽视了儿童这种心理归因能力何时自动区分真实和虚拟的角色。我们的研究结果提示,尽管儿童在 4~6 岁间就具有心理理论能力,但是儿童直到 10 岁时,其 MPFC 还是不能自动区分真实生活中人物形象和虚拟世界中非人物角色。进一步的工作需要研究 10 岁儿童观看真实人物和虚拟角色出现的 MPFC 激活与他们心理归因能力之间的关系。

### 参 考 文 献

- 1 Han S, Jiang Y, Humphreys G W, et al. Distinct neural substrates for the perception of real and virtual visual worlds. *NeuroImage*, 2005, 24: 928—935[DOI]
- 2 Fletcher P C, Happe F, Frith U, et al. Other minds in the brain: A functional imaging study of “theory of mind” in story comprehension. *Cognition*, 1995, 57: 109—128[DOI]
- 3 Brunet E, Sarfati Y, Hardy-Baylé M, et al. A PET investigation of the attribution of intentions with a nonverbal task. *NeuroImage*, 2000, 11: 157—166[DOI]
- 4 Gallagher H L, Happe F, Brunswick N, et al. Reading the mind in cartoons and stories: An fMRI study of ‘theory of mind’ in verbal and nonverbal tasks. *Neuropsychologia*, 2000, 38: 11—21[DOI]
- 5 Gallagher H L, Frith C D. Functional imaging of ‘theory of mind’. *Trends Cogni Sci*, 2003, 7: 77—83[DOI]
- 6 Talairach J, Tournoux P. Co-planar stereotaxic atlas of the human brain. New York: Thieme, 1998
- 7 Gusnard D A, Raichle M E. Searching for a baseline: Functional imaging and the resting human brain. *Nat Rev Neurosci*, 2001, 2: 685—694[DOI]
- 8 Farah M J, Tanaka J W, Drain H M. What causes the face inversion effect? *J Exp Psychol Hum Percept Perform*, 1995, 21: 628—634[DOI]
- 9 Eimer E. Effects of face inversion on the structural encoding and recognition of faces: Evidence from event-related brain potentials. *Cogni Brain Res*, 2000, 10: 145—158[DOI]
- 10 Tootell R B, Reppas J B, Kwong K K, et al. Functional analysis of human MT and related visual cortical areas using magnetic resonance imaging. *J Neurosci*, 1995, 15: 3215—3230
- 11 Puce A, Allison T, Bentin S, et al. Temporal cortex activation in humans viewing eye and mouth movements. *J Neurosci*, 1998, 18: 2188—2199
- 12 Frith C D, Frith U. Interacting minds—A biological basis. *Science*, 1999, 286: 1692-1695[DOI]
- 13 Frith U, Frith C D. Development and neurophysiology of mentalizing. *Phil Trans R Soc Lond B*, 2003, 358: 459—473[DOI]
- 14 Wellman H M. The child’s theory of mind. Cambridge, MA: MIT Press, 1990
- 15 Wellman H M, Cross D, Watson J. Meta-analysis of theory-of-mind development: The truth about false belief. *Child Dev*, 2001, 72: 655—684[DOI]