

下颞叶皮层等面孔敏感区域的结论相吻合。

与之相仿,在眼睛注视研究中,研究者使用适应的范式同样得到了令人兴奋的结果。Jenkins 等(2006)研究发现,适应某个朝向的眼睛注视之后,被试会有同方向(但是偏离正中的角度较小)眼睛注视的测试面孔判断为盯着正中,即成功地产生了适应的后效,从而说明人类视皮层中存在编码眼睛注视方向的神经元。为了更好地说明这一适应现象产生于人类高级视皮层,同样地,Jekins 等也采用了变换适应刺激的方法。他们发现,当适应刺激的大小变为测试刺激的两倍时,后效仍然存在,说明对眼睛注视的适应不受局部特征的影响。接下来研究者们又用实验证明了,即使适应刺激和测试刺激的面孔朝向不一致时,后效仍然能产生,这就说明眼睛注视的后效也不受面孔朝向的影响,进一步说明眼睛注视和面孔朝向的编码可能是相对独立的过程。为了更好地弄清楚眼睛注视的编码方式,Calder 等(2008)又继续使用适应的范式,来研究眼睛注视的编码到底是对立编码还是多通道编码的方式。所谓的对立编码方式即是说皮层中只有两类神经元,它们编码的是一种特征的两个对立的方面。简单来说,就是当某种视觉特征强度越高时,这类神经元的反应就越高(或越低)。人类的知觉就由这两类神经元的发放水平相对高低来决定,例如,颜色视觉和面孔身份等的编码就是采用对立编码的方式。而多通道编码则是说,某个神经元只喜欢视觉特征的某个强度,低于或高于这个强度,神经元的发放就会显著降低。猴子的单细胞记录实验

发现了对面孔身份的适应效应,而且这一效应不会受到面孔刺激大小和面孔朝向的影响。与之相对,在颞上沟处并没有发现面孔身份的适应效应,但是却发现了对面孔朝向的显著的适应。这样结果似乎十分明显,梭状回处的神经元编码的是面孔身份的信息,而颞上沟处编码的则是面孔朝向的信息。但是就这样下结论还为时过早。因为在这个实验中,作者采用了组块的实验设计,即将相同的条件放在同一个组块中连续重复呈现。这样导致的问题就是无法排除注意有可能在各个组块之间不一致。另外,适应时间的长短也似乎是一个值得考虑的因素。这些问题都在 Fang 等 (2007) 的研究中得到解决。Fang 等采用事件相关的设计,各个适应条件随机出现,避免了注意的影响,另外还专门设计了长时程的适应和短时程的适应两种实验条件,来研究适应时间长度对 fMRI 结果的影响。与 Andrew 等的结果不一致的是,在长时程适应条件下,右侧梭状回和右侧颞上沟都出现了显著的面孔朝向适应效应。而在短时程适应条件下,只有右侧梭状回仍有适应的效应。而且,长时程和短时程条件下适应的性质也有所不同。在长时程适应条件下,适应强度的大小与面孔朝向变化的量有关,面孔朝向变化越大,适应的效应就越小。而在短时程适应的条件下,fMRI 信号只对面孔朝向是否有变化有关,和变化的量没有关系。这样,长时程和短时程适应在机制上可能就存在着差别。因此,如果我们想要通过 fMRI 适应的手段来研究注意线索的神经编码问题,最好采用长时程的适应范式。而在长时程的适应情况下,就可以明显看出,梭状回和颞上沟处都存在着编码面孔朝向信息的神经元,从而揭示了人类对面孔朝向存在着分布式的编码方式。与面孔朝向的研究相类似,使用 fMRI 适应的范式同样也可以研究眼睛注视的编码机制。Calder 等 (2007) 的研究发现,适应刺激和测试刺激的眼睛注视方向相同时,在颞上沟后部以及下顶叶皮层出现了显著的适应效应。在以前的研究中,顶叶皮层一般与注意的定向相关,说明眼睛注视显著地引起了被试的注意定向和转移。而更重要的是,该研究表明人类有神经元对眼睛注视方向进行编码,这些神经元集中于颞上沟皮层,这一结果与电生理直接观察到的结果相一致。

虽然 fMRI 适应技术解决了 fMRI 技术分辨率不足的问题,甚至可以研究神经元的编码,但是这一技术并不能排除没有发生适应的神经元也存在着编码信息的可能。换句话说,如果我们要解码大脑编码的信息,是否一定要集中在那些在编码中表现最好的脑区呢?要更进一步地挖掘大脑皮层信息加工的能力,一种更加强有力的方法就是多体素模式分析的技术。

四、使用 MVPA 技术来研究社会注意线索的信息编码和解码

人类一直想通过各种方法知道他人的想法,即拥有“读心术”。在 fMRI 技

- Calder, A. J., Jenkins, R., Cassel, A., Clifford, C. W. G., 2008, Visual representation of eye gaze is coded by a nonopponent multichannel system. *Journal of Experimental Psychology: General*, 137: 244-261.
- De Souza, W. C., Eifuku, S., Tamura, R., Nishijo, H., Ono, T., 2005, Differential characteristics of face neuron responses within the anterior superior temporal sulcus of macaques. *Journal of Neurophysiology*, 94: 1252-1266.
- Fang, F., He, S., 2005, Viewer-centered object representation in the human visual system revealed by viewpoint aftereffect. *Neuron*, 45: 793-800.
- Fang, F., Murray, S. O., He, S., 2007, Duration-dependent fMRI adaptation and distributed viewer-centered face representation in human visual cortex. *Cerebral Cortex*, 17: 1402-1411.
- Grill-Spector, K., Henson, R., Martin, A., 2006, Repetition and the brain: neural models of stimulus-specific effects. *Trends in Neural Science*, 10: 14-23.
- Haxby, J. V., Gobbini, M. I., Furey, M. L., Ishai, A., Schouten, J. L., 2001, Distributed and overlapping representations of faces and objects in ventral temporal cortex. *Science*, 239: 2425-2430.
- Jenkins, R., Beaver, J. D., Calder, A. J., 2006, I thought you were looking at me: direction-specific aftereffects in gaze perception. *Psychological Science*, 17: 506-513.
- Li, L., Miller, E. K., Desimone, R., 1993, The representation of stimulus familiarity in anterior inferior temporal cortex. *Journal of Neurophysiology*, 69: 1918-1929.
- Nummenmaa, L., Calder, A. J., 2009, Neural mechanisms of social attention. *Trends in Neural Science*, 13: 135-143.
- Perrett, D. I., Smith, P. A., Potter, D. D., Mistlin, A. J., Head, A. S., Milner, A. D., Jeeves, M. A., 1985, Visual cells in the temporal cortex sensitive to face view and gaze direction. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*, 293-317.
- Schweinberger, S. R., Kloth, N., Jenkins, R., 2007, Are you looking at me? Neural correlates of gaze adaptation. *Neuroreport*, 18: 693-696.