

Studies of Fusiform Face Area in People with Autism Spectrum Disorders

Yaixin Zhang, Kun Wu, Rihong You, Qiwen Cai

School of Psychology, South China Normal University, Guangzhou Guangdong
Email: yaoxinzhang@m.scnu.edu.cn

Received: Jul. 25th, 2016; accepted: Aug. 13th, 2016; published: Aug. 16th, 2016

Copyright © 2016 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

Abstract

This paper reviews the studies of Fusiform Face Area (FFA) in patients with Autism Spectrum Disorders (ASD) from two perspectives. First, we reviewed fMRI researches about face processing and FFA on patients with ASD. It's found that face processing in ASD appears to rely on FFA as in typical individuals, differing quantitatively but not qualitatively. That is, face processing deficits of ASD may correlate with FFA neural selectivity and the little selectivity, the worse performance. In addition, previous study extended the function of FFA from face processing to expertise. Recent research showed that restricted interest in patients with ASD could enhance expertise through FFA study. From the perspective of face processing of FFA, future research could combine FFA with other brain regions to explore the network mechanism of face processing in patients with ASD. Also, researchers can integrate FFA with reward circuits or other related brain areas to explore corporate mechanism of face processing and visual expertise by recruiting ASD patients.

Keywords

Fusiform Face Area FFA, Autism Spectrum Disorder, Face Processing, Restricted Interest

自闭症谱系障碍患者的梭状回面孔区(FFA)研究进展

张耀心, 吴 坤, 尤日虹, 蔡启文

华南师范大学心理学院, 广东 广州

摘要

本文主要从两个角度综述自闭症谱系障碍(ASD)患者的FFA研究进展。首先是FFA的面孔加工功能, 研究发现与正常人相比, 自闭症患者FFA神经元对面孔的选择性存在定量的区别, 而不是定性的区别: 即ASD患者的面孔缺陷很可能与其自身FFA神经元对面孔的选择性密切相关, 选择性越低, 面孔加工能力越弱; 此外, 前人将FFA的功能从面孔加工拓展到了视觉专家, 近来也有研究者发现ASD患者的有限兴趣可以增强其视觉专家的能力。未来的研究可以从FFA的面孔加工功能出发, 结合其他脑区, 探讨ASD患者大脑面孔加工网络的机制; 也可从采用ASD被试, 结合奖赏回路等其他相关脑区, 进一步探究FFA的面孔加工和视觉专家功能背后共同的神经机制。

关键词

梭状回面孔区FFA, 自闭症谱系障碍, 面孔加工, 有限兴趣

1. 概念

1.1. 梭状回面孔区 FFA

梭状回面孔区(Fusiform Face Area, FFA)位于腹颞叶皮层, 是人类面孔认知的重要脑区, 主要表现为有选择性地对静态的、不变的人类面孔产生激活(Schultz et al., 2003)。FFA的发现是面孔认知领域的一次革新, 它也因而成为最受关注的脑区之一。

发现 FFA 的过程离不开认知神经科学方法的革新: 最初, Sergent 等(1992)利用神经解剖学的方法, 发现了大脑加工面孔和加工普通物体的共同区域; 之后, Haxby 等(1994)利用 PET 技术, 发现左、右梭状回都能选择性地识别面孔刺激, 尤其是右梭状回; Puce 等(1996)采用 fMRI 技术发现了人脑视觉皮层存在对面孔识别的敏感区域; 最终 Kanwisher 等(1997)确定了其中最为关键的梭状回区域并命名其为 FFA。

FFA 是面孔加工的主要脑区, 面孔的识别是人际交往的重要组成部分。在生活中, 面孔识别帮助我们区分朋友、潜在的伙伴、陌生人、敌人等。人类区分面孔特异性的技能是普遍存在的, 当看到一个熟悉的面孔, 会立即认出这个面孔, 这一过程是自动而迅速的。

1.2. 自闭症谱系障碍 ASD

自闭症谱系障碍(Autism Spectrum Disorder, ASD)是一种以社交沟通障碍、刻板行为、对事物有限的兴趣为主要症状的发育性障碍, 患病率高达 1%, 是儿童期发病率最高的精神疾患之一(Maenner et al., 2010)。根据类别, 常将 ASD 分为自闭症、阿斯伯格综合症以及未分类的广泛性发育障碍。

2. ASD 患者 FFA 的研究进展

2.1. ASD 患者基于 FFA 的面孔加工

正常人在观看静态面孔时, FFA 会显著激活(Kanwisher et al., 1997; Kanwisher et al., 2006)。与正常人

相比, 自闭症有显著的面部识别缺陷(兰岚等, 2008; Spezio et al., 2008), 不仅在面部知觉任务实验中识别的速度和准确性差, 而且也更依赖于特征水平的分析, 不能充分利用整体轮廓策略(Klin et al., 2002)。那么, 自闭症患者在面孔加工时的 FFA 区是否能够正常的激活呢?

前人通常使用 fMRI 从神经元层面探究 ASD 患者的面孔加工缺陷, 但他们的结果并不一致。Schultz 等(2000)使用面孔区分任务(报告相同或者不同)发现, ASD 患者的右侧梭状回(Fusiform Gyrus, FG)相对于正常人的激活更弱, 而其右侧下颞叶回(Inferior Temporal Gyri, ITG)的激活显著更强, 该研究中的 14 名 ASD 患者被报告有严重的社交缺陷。Pierce 等(2001)使用面孔知觉任务发现, 相对于正常被试普遍激活 FFA, ASD 患者激活的脑区却各不相同, 其中包括颞叶皮层, 初级视觉皮层等。Humphreys 等(2008)利用面孔匹配任务报告 ASD 患者的 FFA 激活显著弱于正常被试。

但另外一些研究者得出了不一致的结论。Pierce 等人(2004)认为, 对面孔的熟悉程度可能会影响 FFA 的激活, 由此他们设置了被试熟悉的面孔(如母亲)和陌生人的面孔, 结果发现无论是 ASD 患者还是正常人, 他们在对熟悉或者陌生的面孔进行面孔辨认时, FFA 都有显著的激活。Hadjikhani 等人(2007)让 ASD 患者和正常人被动地看非情绪面孔, 结果发现 FFA 都显著激活, 但 ASD 患者的面孔加工网络的其他脑区的激活比正常人低, 例如右侧杏仁核, 下颞叶皮层等。Perlman 等人(2011)则报告了 ASD 患者在 FFA 上的正常激活以及在杏仁核上的低激活水平。

Geschwind 等人(2009)认为上述的矛盾结果源于 ASD 患者表型的异质性, 即 ASD 患者内部的各种症状差异较大, 且这种差异包含了对面孔的加工能力(Barton et al., 2004; Hedley et al., 2011)。基于此, Xiong 等(2013)采用了 fMRI 快速适应技术(fMRI rapid adaptation technique, fMRI-RA)和基于体素的相关性技术(Voxel-wise correlations)探测 FFA 神经元的对面孔的选择性, 结果显示 FFA 神经元对面孔的选择性可以显著预测个体的面孔识别的行为表现, 即 FFA 神经元对面孔的选择性越高, 其识别面孔的能力越强, 不同 ASD 患者 FFA 中神经元的选择性不同, 因此使得各个研究中所报告的 ASD 患者面孔加工行为表现时好时坏, 前文所述争论也暂时得到了较为合理的解释: 同正常人一样, ASD 患者的面孔加工也需要 FFA, 只是和正常人相比在 FFA 神经元对面孔选择性上是定量的区别, 而不是定性的区别。

2.2. FFA 的视觉专家功能

Gauthier 等(1999)发现, FFA 除了在被试观看静态面孔时会激活, 在辨认视觉专家领域的非面孔客体时, 也会激活。该研究创造了一种类似面孔的客体——Greeble, 一部分被试被训练成为辨识 Greeble 的专家, 而另一部分被试则完全不了解 Greeble, 使用 fMRI 技术发现, Greeble 的视觉专家在观看 Greeble 时会显著激活右侧 FFA, 而其他非专家被试的 FFA 激活水平显著要低。由此得出结论, 不仅是面孔, 视觉专家也会使 FFA 产生激活。Gauthier 等(2000)招募了识别汽车模型的专家以及识别鸟类种类的专家作为被试, 再次验证了上述结论。以上实验结果促成了 FFA 的专家假设: 面孔仅仅是人类拥有显著专家分辨力的客体之一, FFA 的激活实际上反映了视觉专家功能。

但也有一部分研究证据并不符合专家假设。反转效应(inversion effect)作为面孔加工在脑成像研究中的一个典型特征, 在许多专家领域的客体识别研究中却未能重复这个现象(Robbins et al., 2007; McKone et al., 2007)。此外, 有研究发现, 鳞翅类的辨认专家在观看鳞翅类刺激时所激活的梭状回脑区与其在观看面孔时所激活的脑区的重叠性较小(Rhodes et al., 2004)。以上证据表明, 面孔加工和视觉专家功能可能是不同方面的能力。

尽管如此, 许多以 ASD 为被试的研究发现却似乎支持 FFA 的视觉专家假说。Grelotti 等人的研究将专家假设推广到 ASD 患者上。他们邀请了一位独特的被试——对“Digimon”卡通人物抱有极大兴趣的自闭症患者 DD, 他对 Digimon 的反应速度比对熟悉面孔更快, 即 Digimon 图片为其视觉专家相当于其

视觉专家领域。研究结果发现, DD 在区分 Digimon 时确实激活了 FFA, 而在区分面孔时则没有激活 FFA (Grelotti et al., 2005)。

2.3. ASD 患者的有限兴趣与 FFA

前人已发现, 除了 FFA, ASD 患者的其他社会性脑区(包含杏仁核, 颞上沟 STS 等)也存在异常(Philip et al., 2012), 且可能因此导致了 ASD 患者回避面孔等症状(Dichter et al., 2012; Pelphrey et al., 2004; Pelphrey et al., 2011)。相对于正常人, ASD 患者对社会刺激(如面孔)的回避使其将兴趣放在了非社会的刺激上(Mundy et al., 2001; Kuhl et al., 2005; Chevallier et al., 2012), 这也可以被看作是 ASD 患者有限兴趣产生的结果。有限兴趣是指强烈的、消耗一切的爱好的、兴趣或者专家领域, 在视觉上反映为对兴趣客体的优先加工。有限兴趣会限制 ASD 患者对社会和家庭关系的卷入。(Mercier et al., 2008; South et al., 2005; Turner-Brown et al., 2011)有研究者将 ASD 患者的有限兴趣解释为奖赏系统的异常(Dawson et al., 2002; Dawson et al., 2005), Cascio 等(2014)也发现, 相对于控制组, ASD 患者在观看其特别感兴趣的客体时, 奖赏系统有更强的激活。

既然对事物有限的兴趣也是 ASD 的核心症状之一, 我们似乎可以推测, 视觉专家与有限兴趣之间存在某种关联, 毕竟相对于普通人的一般兴趣, ASD 患者的有限兴趣更有可能使其成为某领域的专家(ASD 患者更常专注于其感兴趣的领域)。由此, 可以通过 ASD 患者的有限兴趣, 来研究 FFA。

最新一项研究(Jennifer, 2016)采用 fMRI 的方法, 让 ASD 患者观看其有限兴趣中的客体, 让控制组观看其有强烈兴趣的客体, 结果发现, 两组被试的 FFA 都显著激活, 但 ASD 患者的激活更加稳定。该研究说明相对于正常人对某种事物所具有的强烈兴趣, ASD 患者的有限兴趣似乎促进了其视觉专家的能力。此研究也验证了专家假说, 即 FFA 的激活并不局限于人类面孔, 而可能是个体所感兴趣的任何客体。

3. 总结与展望

3.1. 从 FFA 的面孔加工功能研究 ASD 患者面孔加工缺陷

面孔加工缺陷是 ASD 患者的重要的临床表现, 而 FFA 作为经典的面孔加工脑区, 从 FFA 出发探究 ASD 患者面孔加工缺陷有重要的科研与应用意义。虽然前人曾对 ASD 患者加工面孔时 FFA 是否会激活存在争议, 但 Xiong 等(2013)利用 fMRI 新技术证明, ASD 患者的面孔加工缺陷与其 FFA 神经元的选择性有关, FFA 神经元的选择性越高, 面孔加工的行为表现越好。Xiong 等人的研究很好地从 FFA 的神经元层面解释了 ASD 患者面孔加工缺陷产生的原因。还有研究报告表明, 训练猴子学习可以使其神经元的选择性得到提升(Freedman et al., 2006; Kobatake et al., 1998)。这也给自闭症患者的临床干预带来一些启发, 例如可尝试通过学习训练提升 ASD 患者 FFA 神经元的选择性, 进而增强其面孔加工的能力, 帮助他们更好地融入社会生活。

此外, 前人一般单独从 FFA 等脑区探究 ASD 患者的面孔加工问题, 但近年的研究趋势已经从单独的脑区转向了大脑的功能网络。主流的面孔加工模型认为, 除了 FFA, 还有位于下枕叶的枕叶面孔区(Occipital Face Area)、后颞上裂面孔区(pSTS-FA), 三者共同形成的面孔加工网络在面孔加工过程起协同作用。因此, 未来的研究可以从功能网络的角度进一步研究 ASD 患者的面孔加工问题, 为自闭症患者的面孔缺陷提供脑网络功能层面的解释或临床诊断、干预的线索。

值得注意的是, 除了面孔加工过程本身可能存在问题, ASD 患者的面孔缺陷, 还可能因回避面孔造成。而 ASD 患者对社会刺激(包括面孔)的回避是动机, 奖赏, 注意等多个方面独立作用或交互作用的结果。有研究者认为, ASD 患者的面孔加工与社会认知以及社会动机关系密切(Nomi et al., 2015)。前人研究发现, 在观看面孔时, 虽然 ASD 患者的 FFA 激活正常, 但杏仁核的激活比起正常人显著降低(Hadjikhani,

2007; Perlman, 2011), 杏仁核作为社会网络中的重要成分, 被认为与社会定向有关, 杏仁核的激活不足恰恰可能导致个体无法将注意力集中在面孔等社会刺激上。这也就意味着 ASD 患者的面孔加工问题不仅仅局限于 FFA 或面孔加工网络, 还可能与其他脑区网络如社会网络的协同密切相关。综上, 未来还可从面孔加工拓展到社会定向相关功能网络, 进一步探索自闭症患者面孔缺陷的神经机制。

3.2. 从 ASD 患者的有限兴趣出发: 重构 FFA 的专家假设

前人对 ASD 患者有限兴趣的一系列研究结果, 似乎验证了 FFA 的专家假设: Grelotti 从 FFA 面孔加工功能出发, 发现患有 ASD 的 Digimon 专家在区分 Digimon 时激活了 FFA, 但在区分面孔时没有激活 FFA (2005); Jennifer 等人以 ASD 患者为被试, 发现 ASD 患者的有限兴趣可以增强其视觉专家的能力 (2016), 这反映了 ASD 患者的有限兴趣与 FFA 活动似乎存在某种关联。

而有关研究认为, 有限兴趣的产生可能源于奖赏系统的异常, 同时, 有限兴趣是 ASD 患者回避社会刺激(反映为患者的 FFA 对面孔的无激活)的重要原因(Dawson et al., 2002; Dawson et al., 2005)。

结合以上两方面的研究证据不难发现, ASD 患者的有限兴趣与视觉专家在行为表现上的关联, 很可能是奖赏系统异常活动与 FFA 交互作用的结果, 即 FFA 活动受奖赏系统调控。进一步推测, 正常人的 FFA 活动或许也受奖赏系统的调控, 这也能解释为什么包括许多正常“专家被试”对“专家领域客体”或感兴趣客体的识别时也和 ASD 患者对兴趣客体一样会有 FFA 的激活。从这个角度来说, FFA 的面孔识别功能或许也只是受奖赏系统调控的其中一方面体现。而奖赏系统在面孔加工过程中调控 FFA 这个假设, 既与之前所说面孔识别过程是多个神经网络系统协同参与的推测相符, 也符合提高人类婴幼儿存活率的进化学意义。在这个前提下, 无论是 FFA 的视觉专家功能或面孔加工功能, 都离不开奖赏系统的参与和调控, 也无所谓面孔加工假说或是专家功能假说, 因为它们都可以通过奖赏系统的调控来解释。

由此, 未来的研究可以进一步探究验证自闭症患者有限兴趣与奖赏系统的关系; 在此基础上, 可以结合 FFA 和奖赏系统的脑区, 以 ASD 患者为被试, 探究在观看面孔和观看有限兴趣客体的不同条件下, FFA 与奖赏系统的激活及连接状态, 以验证 FFA 与奖赏系统交互作用假设, 重新统合 FFA 的面孔加工和视觉专家两种功能。

参考文献 (References)

- 兰岚, 兰继军, 李越(2008). 自闭症儿童面部表情识别的综述. *中国特殊教育*, (3), 36-41.
- Cascio, C. J., Foss-Feig, J. H., Heacock, J., Schauder, K. B., Loring, W. A., & Rogers, B. P. et al. (2013). Affective Neural Response to Restricted Interests in Autism Spectrum Disorders. *Journal of Child Psychology & Psychiatry & Allied Disciplines*, 55, 162-171. <http://dx.doi.org/10.1111/jcpp.12147>
- Chevallier, C., Kohls, G., Troiani, V., Brodtkin, E. S., & Schultz, R. T. (2012). The Social Motivation Theory of Autism. *Trends in Cognitive Sciences*, 16, 231-239. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tics.2012.02.007>
- Dawson, G., Carver, L., Meltzoff, A. N., Panagiotides, H., Mcpartland, J., & Webb, S. J. (2002). Neural Correlates of Face and Object Recognition in Young Children with Autism Spectrum Disorder, Developmental Delay, and Typical Development. *Child Development*, 73, 700-717. <http://dx.doi.org/10.1111/1467-8624.00433>
- Dawson, G., Webb, S. J., & McPartland, J. (2005). Understanding the Nature of Face Processing Impairment in Autism: Insights from Behavioral and Electrophysiological Studies. *Developmental Neuropsychology*, 27, 403-424. http://dx.doi.org/10.1207/s15326942dn2703_6
- Dichter, G. S. (2012). Functional Magnetic Resonance Imaging of Autism Spectrum Disorders. *Dialogues in Clinical Neuroscience*, 14, 319-351.
- Foss-Feig, J. H., Mcgugin, R. W., Gauthier, I., Mash, L. E., Ventola, P., & Cascio, C. J. (2016). A Functional Neuroimaging Study of Fusiform Response to Restricted Interests in Children and Adolescents with Autism Spectrum Disorder. *Journal of Neurodevelopmental Disorders*, 8, 1-12. <http://dx.doi.org/10.1186/s11689-016-9149-6>
- Freedman, D. J., Riesenhuber, M. T., & Miller, E. K. (2006). Experience-Dependent Sharpening of Visual Shape Selectivity in Inferior Temporal Cortex. *Cerebral Cortex*, 16, 1631-1644. <http://dx.doi.org/10.1093/cercor/bhj100>

- Gauthier, I., Skudlarski, P., Gore, J. C., & Anderson, A. W. (2000). Expertise for Cars and Birds Recruits Brain Areas Involved in Face Recognition. *Nature Neuroscience*, 3, 191-197. <http://dx.doi.org/10.1038/72140>
- Gauthier, I., Tarr, M. J., Anderson, A. W., Skudlarski, P., & Gore, J. C. (1999). Activation of the Middle Fusiform "Face Area" Increases with Expertise in Recognizing Novel Objects. *Nature Neuroscience*, 2, 568-573. <http://dx.doi.org/10.1038/9224>
- Haxby, J. V., Horwitz, B., Ungerleider, L. G., Maisog, J. M., Pietrini, P., & Grady, C. L. (1994). The Functional Organization of Human Extrastriate Cortex: A PET-RCBF Study of Selective Attention to Faces and Locations. *Journal of Neuroscience the Official Journal of the Society for Neuroscience*, 14, 6336-6353.
- Kanwisher, N., & Yovel, G. (2006). The Fusiform Face Area: A Cortical Region Specialized for the Perception of Faces. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 361, 2109-2128. <http://dx.doi.org/10.1098/rstb.2006.1934>
- Kanwisher, N., McDermott, J., & Chun, M. M. (1997). The Fusiform Face Area: A Module in Human Extrastriate Cortex Specialized for Face Perception. *Journal of Neuroscience: The Official Journal of the Society for Neuroscience*, 17, 4302-4311.
- Klin, A., Jones, W., Schultz, R., Volkmar, F., & Cohen, D. (2002). Visual Fixation Patterns during Viewing of Naturalistic Social Situations as Predictors of Social Competence in Individuals with Autism. *Archives of General Psychiatry*, 59, 809-816. <http://dx.doi.org/10.1001/archpsyc.59.9.809>
- Kobatake, E., Wang, G., & Tanaka, K. (1998). Effects of Shape-Discrimination Training on the Selectivity of Inferotemporal Cells in Adult Monkeys. *Journal of Neurophysiology*, 80, 324-330.
- Kuhl, P. K., Coffey-Corina, S., Padden, D., & Dawson, G. (2005). Links between Social and Linguistic Processing of Speech in Preschool Children with Autism: Behavioral and Electrophysiological Measures. *Developmental Science*, 8, F1-F12. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1467-7687.2004.00384.x>
- Maenner, M. J., & Durkin, M. S. (2010). Trends in the Prevalence of Autism on the Basis of Special Education Data. *Pediatrics*, 126, 1018-1025. <http://dx.doi.org/10.1542/peds.2010-1023>
- Mckone, E., Kanwisher, N., & Duchaine, B. C. (2007). Can Generic Expertise Explain Special Processing for Faces? *Trends in Cognitive Sciences*, 11, 8-15. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tics.2006.11.002>
- Mercier, C., Mottron, L., & Belleville, S. (2000). A Psychosocial Study on Restricted Interests in High Functioning Persons with Pervasive Developmental Disorders. *Autism*, 4, 406-425. <http://dx.doi.org/10.1177/1362361300004004006>
- Mundy, P., & Neal, A. R. (2000). Neural Plasticity, Joint Attention, and a Transactional Social-Orienting Model Of Autism. *Mental Retardation & Developmental Disabilities Research Reviews*, 23, 139-168. [http://dx.doi.org/10.1016/S0074-7750\(00\)80009-9](http://dx.doi.org/10.1016/S0074-7750(00)80009-9)
- Nomi, J. S., & Uddin, L. Q. (2015). Face Processing in Autism Spectrum Disorders: From Brain Regions to Brain Networks. *Neuropsychologia*, 71, 201-216. <http://dx.doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2015.03.029>
- Pelphrey, K. A., Shultz, S., Hudac, C. M., & Wyk, B. C. V. (2011). Research Review: Constraining Heterogeneity: The Social Brain and Its Development in Autism Spectrum Disorder. *Journal of Child Psychology & Psychiatry & Allied Disciplines*, 52, 631-644. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1469-7610.2010.02349.x>
- Pelphrey, K., Adolphs, R., & Morris, J. P. (2004). Neuroanatomical Substrates of Social Cognition Dysfunction in Autism. *Mental Retardation & Developmental Disabilities Research Reviews*, 10, 259-271. <http://dx.doi.org/10.1002/mrdd.20040>
- Philip, R. C. M., Dauvermann, M. R., Whalley, H. C., Baynam, K., Lawrie, S. M., & Stanfield, A. C. (2012). A Systematic Review and Meta-Analysis of the Fmri Investigation of Autism Spectrum Disorders. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 36, 901-942. <http://dx.doi.org/10.1016/j.neubiorev.2011.10.008>
- Pierce, K., Müller, R. A., Ambrose, J., Allen, G., & Courchesne, E. (2001). Face Processing Occurs Outside the Fusiform "Face Area" in Autism: Evidence from Functional Mri. *Brain*, 124, 2059-2073. <http://dx.doi.org/10.1093/brain/124.10.2059>
- Puce, A., Allison, T., Asgari, M., Gore, J. C., & McCarthy, G. (1996). Differential Sensitivity of Human Visual Cortex to Faces, Letterstrings, and Textures: A Functional Magnetic Resonance Imaging Study. *Journal of Neuroscience the Official Journal of the Society for Neuroscience*, 16, 5205-5215. [http://dx.doi.org/10.1016/s1053-8119\(96\)80364-8](http://dx.doi.org/10.1016/s1053-8119(96)80364-8)
- Rhodes, G., Byatt, G., Michie, P. T., & Puce, A. (2004). Is the Fusiform Face Area Specialized for Faces, Individuation, or Expert Individuation? *Journal of Cognitive Neuroscience*, 16, 189-203. <http://dx.doi.org/10.1162/089892904322984508>
- Robbins, R., & McKone, E. (2007). No Face-Like Processing for Objects-of-Expertise in Three Behavioural Tasks. *Cognition*, 103, 34-79. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cognition.2006.02.008>

- Schultz, R. T., Gauthier, I., Klin, A., Fulbright, R. K., Anderson, A. W., Volkmar, F. et al. (2000). Abnormal Ventral Temporal Cortical Activity during Face Discrimination among Individuals with Autism and Asperger Syndrome. *Archives of General Psychiatry*, 57, 331-340. <http://dx.doi.org/10.1001/archpsyc.57.4.331>
- Schultz, R. T., Grelotti, D. J., Klin, A., Kleinman, J., Van, D. G. C., Marois, R. et al. (2003). The Role of the Fusiform Face Area in Social Cognition: Implications for the Pathobiology of Autism. *Philosophical Transactions of the Royal Society B Biological Sciences*, 358, 415-427. <http://dx.doi.org/10.1098/rstb.2002.1208>
- Sergent, J., Ohta, S., & Macdonald, B. (1992). Functional Neuroanatomy of Face and Object Processing. *Brain*, 115, 1400-1404. <http://dx.doi.org/10.1093/brain/115.1.15>
- South, M., Ozonoff, S., & McMahon, W. M. (2005). Repetitive Behavior Profiles in Asperger Syndrome and High-Functioning Autism. *Journal of Autism & Developmental Disorders*, 35, 145-158. <http://dx.doi.org/10.1007/s10803-004-1992-8>
- Spezio, M. L., Adolphs, R., Hurley, R. S. E., & Piven, J. (2007). Abnormal Use of Facial Information in High-Functioning Autism. *Journal of Autism & Developmental Disorders*, 37, 929-939. <http://dx.doi.org/10.1007/s10803-006-0232-9>
- Tarr, M. J., & Gauthier, I. (2000). Ffa: A Flexible Fusiform Area for Subordinate-Level Visual Processing Automated by Expertise. *Nature Neuroscience*, 3, 764-769. <http://dx.doi.org/10.1038/77666>
- Turner-Brown, L. M., Lam, K. S., Holtzclaw, T. N., Dichter, G. S., & Bodfish, J. W. (2011). Phenomenology and Measurement of Circumscribed Interests in Autism Spectrum Disorders. *Autism*, 15, 437-456. <http://dx.doi.org/10.1177/1362361310386507>
- Xiong, J., Bollich, A., Cox, P., Hyder, E., James, J., Gowani, S. A. et al. (2013). A Quantitative Link between Face Discrimination Deficits and Neuronal Selectivity for Faces in Autism. *Clinical Neuroimaging*, 2, 320-331. <http://dx.doi.org/10.1016/j.nicl.2013.02.002>

期刊投稿者将享受如下服务:

1. 投稿前咨询服务 (QQ、微信、邮箱皆可)
2. 为您匹配最合适的期刊
3. 24 小时以内解答您的所有疑问
4. 友好的在线投稿界面
5. 专业的同行评审
6. 知网检索
7. 全网络覆盖式推广您的研究

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>