

# The Neural Basis of Social Status Recognition and Its Influencing Factors

Lili Gao<sup>1</sup>, Jinyun Duan<sup>1</sup>, Haiyong Bian<sup>2</sup>, Changbing Yuan<sup>2</sup>, Qiujiang Wei<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Education College, Soochow University, Suzhou

<sup>2</sup>Wenzheng College of Soochow University, Suzhou

Email: 18862130791@yeah.net

Received: May 13<sup>th</sup>, 2013 revised: Jun. 7<sup>th</sup>, 2013; accepted: Jun. 21<sup>st</sup>, 2013

Copyright © 2013 Lili Gao et al. This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

**Abstract:** In social communication, recognizing others' status is very important. Investigating social status recognition from neuroscience perspective is becoming more and more popular. It has been showed that there are many brain areas which relate with social status, for example, prefrontal cortex, inferior parietal cortex, superior temporal gyrus, occipitotemporal cortex and insula, particularly anterior cingulate cortex of prefrontal cortex, intraparietal sulci of inferior parietal are very important. Then the paper introduces that many factors, such as personal traits, socioeconomic status of childhood, social cultures, can affect the brain areas' functions which are associated with social status recognition. Finally, we discuss the current shortages of the social recognition of neuroscience including improvement of study methods, the control and eliminate of interference factor, cerebral hemispheric dominance, and so on, furthermore take corresponding advices.

**Keywords:** Social Status; Neuroscience; Inferior Parietal Context; Cerebral Hemispheric Dominance

## 社会身份辨识的神经基础及其影响因素

高丽丽<sup>1</sup>, 段锦云<sup>1</sup>, 卞海勇<sup>2</sup>, 袁昌兵<sup>2</sup>, 魏秋江<sup>2</sup>

<sup>1</sup>苏州大学教育学院, 苏州

<sup>2</sup>苏州大学文正学院, 苏州

Email: 18862130791@yeah.net

收稿日期: 2013年5月13日; 修回日期: 2013年6月7日; 录用日期: 2013年6月21日

**摘要:** 在社会交往过程中, 辨识彼此的社会身份至关重要。从神经生理学角度探讨社会身份机制, 成为该领域研究的新热点。现有研究显示, 与社会身份辨识相关的脑区有前额叶皮层、下顶叶、颞上回、枕颞叶和脑岛, 尤其以前额叶的前扣带回、下顶叶的顶内沟为主。社会身份辨识的相关脑区受到个人特质、儿童期社会经济地位、社会文化等因素影响。文章最后从研究方法的改进、干扰因素的控制与排除、大脑半球单侧化优势等方面探讨了现有社会身份辨识脑神经研究的不足, 并提出了相应的改进建议。

**关键词:** 社会身份; 神经科学; 下顶叶; 单侧化

### 1. 引言

社会身份等级的研究由来已久, 是生物界普遍性法则之一, 并在日常生活日益体现出极其重要的意

义。社会身份是指, 在社会环境中, 一个人在他人眼里拥有的声望、尊重以及影响他人爱好的程度 (Anderson, Srivastava, Beer, Spataro, & Chatman, 2006)。

最初社会身份是从一些低级动物开始研究的, 如: 蚂蚁(Wilson, 2000)、鱼(Grosenick, Celement, & Fernald, 2007), 然后扩展到更高级的动物, 如, 鸟(Tinbergen, 1936)和灵长类动物(Cheney & Seyfarth, 1990), 这些研究结果为身份的广泛存在提供了有力证据。随后研究兴趣逐渐转移到对人类社会身份的研究。

对于人类社会身份的研究经历了行为、认知和认知神经科学三个阶段。行为的研究始于脑损伤神经研究(Karafin, Tranel, & Adolphs, 2004), 然后扩展到眼神(George, 2001; Pelphrey, 2004)、面部表情和其他一些非语言线索。认知的研究主要集中于心理表征、数字比较、语义距离效应、刻板印象等。随着研究的深入, 研究者们开始从认知神经科学的角度研究社会身份。

从神经机制的角度研究社会身份, 是未来研究的方向之一。该领域研究始于 2004 年, 其研究时间较短, 研究内容不够深入, 尚未形成系统, 且多集中于国外研究, 国内相关研究较少。经过对现有文献的回顾, 本文找出与社会身份辨识密切相关的几个脑区, 然后探讨了影响这些脑区功能的因素, 最后对现有研究进行了评价, 并对未来研究进行展望, 以期研究者提供研究思路, 指明研究方向。

## 2. 社会身份辨识的神经基础

社会身份辨识神经基础的研究虽较少, 但仍取得了较大成绩。Chiao (2010)等在整理、分析已有文献的基础上, 发现社会身份辨识的主要脑区有前额叶皮层和下顶叶, 其他一些脑区, 如: 枕颞叶、颞上回、脑岛, 也影响社会身份辨识。

### 2.1. 前额叶皮层

#### 2.1.1. 前扣带回皮层

前扣带回皮层(anterior cingulate cortex, ACC)位于大脑额叶内侧, 是扣带沟(cingulate sulcus)和胼胝体(corpus callosum)之间的皮层。根据功能可以将 ACC 分为背侧前扣带回(dorsal anterior cingulate cortex, dACC)和腹侧前扣带回(ventral anterior cingulate cortex, vACC)。ACC 参与情绪加工, 对移情、厌恶等社会性情绪具有十分重要的作用。研究表明, 移情可以有效地减少社会等级偏爱, 与社会身份辨识有关。Chiao 等(2009)实验证明: 前扣带回皮层(ACC)对社会身份等级辨识具有重要作用。该研究假设, 当控制其他影响

移情的调节因素时, 比如性别、年龄、器质性移情(dispositional empathy), 对社会支配等级(social dominance hierarchy, SDH)的偏爱会随着与移情有关脑区神经反应的变化而变化。因此, 通过研究移情神经基础可以推测出社会身份辨识的神经基础。Chiao 还发现, 当激活对社会等级偏爱时, 大脑的神经活动会随着前扣带回皮层神经反应的变化而变化。也即, 社会等级的偏爱激活了 ACC, 而社会等级与社会身份辨识密切相关, 这可以说明: ACC 是社会身份辨识的神经基础。

#### 2.1.2. 其他前额叶脑区

社会身份辨识神经基础的研究始于一个脑损伤患者的准实验研究。Karafin, Tranel 和 Adolphs (2004)选取了 3 组被试: 腹内侧前额叶皮质(ventromedial prefrontal cortex, VMPFC)受损的被试; 除 VMPFC 外其他脑区受损的被试; 没有脑区受伤历史的对照组被试。然后, 让被试对静态图片做身份辨识判断。结果表明, 对照组被试与两组脑区受伤的被试并未有显著地差异, 但是, VMPFC 受损伤的被试在利用性别、年龄等对静态的面孔图片做社会身份判断时, 表现出了一定的障碍。虽然, VMPFC 受损伤对社会身份辨识的影响并不十分显著, 但至少说明它对社会身份辨识还是有一定作用的, 该研究为后来的研究提供了一个较好的视角。

据研究表明, 与等级比较有关的人物、标志和物体的社会身份比较激活了延髓内侧前额下回后部(posterior portion of rostral medial prefrontal gyrus, prMFC), 与先前结果一致, 这个区域在做决策和行动选择时很活跃(Amodio & Frith, 2006)。Zink 等(2008)发现, 相比于地位低的运动员, 面对地位高的运动员时, 被试的背外侧前额皮质(dorsolateral prefrontal cortex, DLPFC)活动更为强烈, 这间接地说明了 DLPFC 作为社会身份辨识神经基础的地位。另外, Chiao 等(2009)通过分析数字大小比较的神经反应研究社会身份辨识的神经基础。他运用神经成像技术, 重复了先前数字比较过程的研究, 论证了社会身份辨识与数字比较过程神经基础相似。然后他通过整脑分析(whole-brain analyse)揭示出额叶几个脑区的数字距离效应, 这些脑区包括右侧额下回(inferior frontal gyrus)、横向额下回(horizontal frontal gyrus)、前扣带回(anterior cingulate cortex, ACC)、双侧额下回

(bilateral inferior frontal)、右侧额中回(right middle frontal gyrus)。这证明,在辨识社会身份时,前额叶部分脑区被激活,其与社会身份辨识具有很大的关联。

后来研究者又发现:DLPFC和VMPFC与掌控社会情绪反应以及行为习惯有关,其在社会等级判断中被显著激活(Chiao, Haradaa, Emily et al., 2009),尤其是当人们通过身体姿势(Marsh, Blair, Jones et al., 2009)、标志(Zink, Tong, Chen et al., 2008)来推断他人的控制欲时。

随后该研究结果得到了进一步的证实。Farrow等(2011),在实验中发现,社会等级和非自我化社会判断激活了腹内侧前额叶皮质左侧(left VMPFC),左背侧额下回(left dorsal inferior frontal gyrus)和双侧梭状回(bilateral fusiform gyri)。当判断社会等级与判断社会非自我化比较时,社会等级激活了左内侧眶额皮层(left orbitofrontal cortex)。这个实验结果再次证明了前额叶皮层在社会身份辨识中的重要作用。

综上所述,前额叶皮层的很多部位在社会身份辨识过程中都被激活,包括:ACC、DLPFC、VMPFC等。虽然我们并不十分确定前额叶皮层在社会身份辨识中的功能,但是,至少这些研究可以证明前额叶是社会身份辨识的一个脑区。

## 2.2. 下顶叶皮质

下顶叶位于颞叶的上面,由两个脑回构成,其中下顶叶的顶内沟(intraparietal sulci, IPS)也是社会身份辨识的一个重要脑区。

下顶叶在数字大小比较的神经表征过程中非常重要,这不仅仅适用于人类也适用于灵长类动物(Neider, 2005; Sawamura, Shima, & Tanji, 2002)。而且,与社会身份辨识相关的其他领域,比如:大小(Cohen-Kadosh, Henik, Rubinsten et al., 2005)、时间、空间(Walsh, 2003),下顶叶也会被激活。这个脑区是否也与社会身份辨识有关呢?

在判断社会身份,甚至在不能精确判断身份时,下顶叶皮层的部分脑区被激活。说明下顶叶与社会身份辨识确实有一定联系。目前,顶下小叶与社会身份辨识关系研究主要来自对数字大小比较神经基础的研究。在社会等级和数字的辨识中,两者具有许多相同的关键性特性,这表现在空间、模式、以及象征的

方式(Chiao, Haradaa, & Emily, 2009)。另外,当让被试对高或低的运动活动进行排列时,或看到顺从和控制的手势时,其IPS活动显著增加(Marsh, Blair, Jones, Soliman, & Blair, 2009; Freean, Rule, Adams, & Ambady, 2009)。在这个结论影响下,Chiao等在2009年,通过fMRI研究发现数字比较的神经基础——下顶叶,与社会身份辨识密切相关。该研究一个突出特点是,不仅使用数字大小比较,还加上了汽车、制服及面孔比较,这个研究的发表增加我们了解社会身份辨识神经基础的途径,为后来研究提供了一个较新的研究模式。

社会身份辨识和数字大小比较具有的共同神经基础是双侧顶内沟(bilateral IPS)。在社会身份和数字比较中,双侧顶内沟(bilateral IPS)被激活(Chiao et al., 2009)。加上研究业已表明,IPS是一个非常重要的脑区,不仅对数字比较过程至关重要,其还能影响视觉空间比较和一些其他领域的比较过程。于是本文认为社会身份辨识和数字大小比较神经表征虽然不同,但是有重叠部分,而这部位就位于人类下顶叶平层的某个部位,也即双侧顶内沟(bilateral IPS)(如图1)。

## 2.3. 枕颞叶

Iacoboni(2004)提出颞上回(Superior temporal sulcus)和背外侧前额皮质(DLPFC)对社会身份辨识具定一定的作用。他指出,颞上回前部在涉及权势等级的社会交往中被激活,而在不涉及等级交往时就不会被激活(Iacoboni, Lieberman, Knowlton, Molnar-Szakacs, & Throop, 2004)。这间接地证明社会身份神经基础与颞上回存在一定关联。随后,George(2001)和Pelphrey等(2004)指出在直接或相互的眼神注视时,梭形回、

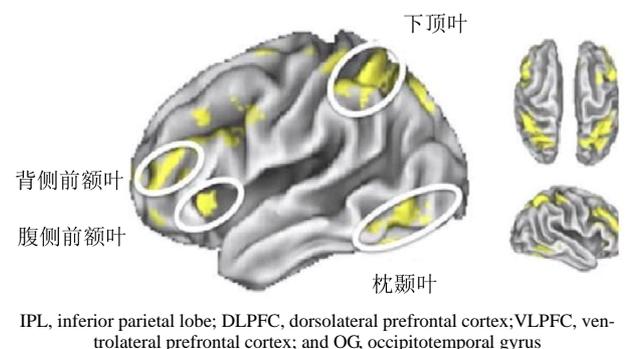


Figure 1. Brain regions typically associated in recognizing social status  
图 1. 社会身份辨识主要的脑区(Chiao, 2010)

颞上回后部的神经活动增加，而这种眼神是支配的象征，不像回避式眼神是顺从的象征。

直到 2008 年，Chiao 和 Adams 等找出确切证据证明枕颞叶是社会身份辨识的神经基础。Chiao 使用 ERP 和 fMRI 的方法，在被试通过面部表情来推断社会支配(social dominance)的试验中发现：通过面部表情线索来推断社会等级发生在知觉加工过程，这个过程非常快，大约在 170 毫秒内。与此相关的脑区是枕颞叶区，包括梭状回(fusiform gyrus)和舌脑回(lingual gyrus)。而社会支配等级判断与社会身份辨识密切相关，于是可以推断社会身份辨识也可以激活这些脑区。

综上，枕颞叶在社会身份辨识过程中被激活，它可能是社会身份辨识的神经基础，至少可以说两者存在一定的联系。

## 2.4. 脑岛

脑岛(insula, AI)位于大脑内侧，被认为是人类大脑的原始部分，所以一直以来其研究未受到重视。随着脑成像技术的发展，对脑岛的研究也日益增多。据研究表明：脑岛是性欲、恶心、骄傲、羞耻、内疚和补偿等社会情绪的源泉，尤其是道德感、共情以及对音乐的情绪反应。正因为脑岛与移情等社会情绪有关，Chiao 发现脑岛尤其是左脑岛与社会身份辨识有关。Chiao 主要观点有：不同个体对 SDH (social dominance hierarchy)偏爱可以通过左 AI 和 ACC 的活动来预测。脑岛不仅与经济市场中不公平厌恶有关，还与团体阶级社会不平等的厌恶有关(Chiao, Mathur, Tokiko, & Trixie, 2009)。

总之，除了上述脑区，还有很多脑区也在直接或间接地影响着社会身份辨识。但是，目前研究尚未深入，还未发现更多的脑区，也不清楚这些脑区的功能，这需要研究者继续深入探索、研究。

## 3. 社会身份辨识神经基础的影响因素

除了影响所有脑区功能的一般因素外，社会身份辨识的神经基础也会受到一些特殊因素的影响，如，个人特质、儿童期的社会经济地位、社会文化等。

### 3.1. 个人因素

#### 3.1.1. 人格特质

人格特质对社会身份辨识神经基础的影响主要是

要通过同情对社会等级偏爱的影响实现的。研究发现，同情能很好的减少人们对社会等级的偏爱(Chiao et al., 2009)。就像在现实生活中，一个富有同情心的人更加喜欢和平、安静的环境。而且，他们更希望生活在一个和睦的社会环境中，其政治态度更加倾向于人人平等，也更讨厌把人按照阶级划分为三六九等。所以，如果培养一个人的同情心，与同情有关的脑区——前脑岛和前扣带回皮层，激活水平会更高，而脑岛和前扣带回皮层又是社会身份辨识的神经基础。由此可以推断，人格特质可能影响社会身份辨识的神经基础。

#### 3.1.2. 儿童期的社会经济地位

社会经济地位(Socioeconomic status, SES)是一种全面测量一个人社会身份和地位的指标，无论儿童期还是成人期，它都可能强烈的影响个体自身体验(Hackman & Farah, 2008)。Raizada (2008)研究发现，低 SES 儿童在完成语言任务时，其左额下回活动被激活。同样，Sheridan (2008)也发现，当低 SES 儿童在形成一个新异规则时，其背外侧前额皮质右侧(right dorsolateral prefrontal cortex, DLPFC)被激活。这些研究虽然与社会身份辨识的神经基础没有直接关系，但当儿童时期社会经济地位不一样时，其 DLPFC 和左下额回存在差异。而根据上述论证，DLPFC 和左下额回与社会身份辨识有关，即儿童期不同的社会经济地位可以影响社会身份辨识的神经基础。据此本文认为儿童时期的社会经济地位也可能影响社会身份辨识的神经基础。

#### 3.1.3. 生理因素

如果大脑受伤，我们的认知就可能出现一定程度的障碍。社会身份辨识神经基础是大脑的一部分，大脑受损伤，社会身份辨识也可能会受到一定程度的影响。致使脑区受损原因很多，比如，辐射、剧烈撞击、人为脑区切除、先天遗传、脑内出血等。研究早已表明，脑区是相互联系的，一旦某个脑区受到损伤，其他的脑区同样会受到影响。也就是说，如果大脑其他部位受到损伤，社会身份辨识也会受到一定程度的影响。

### 3.2. 社会文化因素

Rao (2001)指出文化，如权力距离对人们社会等级

的感知有重要影响。后来,研究者利用脑成像技术证明了该观点。Freeman 等(2009)发现文化可以改变右尾状(right caudate cortex)、内侧前额叶皮质右侧(right medial prefrontal cortex, MPFC)的神经反应,而社会等级也可以改变这些脑区的神经反应(Freeman, Rule, Adams, & Ambady, 2009)。另外,美国人的右尾状、内侧前额叶皮层的神经反应强烈,其掌控欲更强,而日本人这两个脑区的神经反应也很强烈,但是其顺从性更强。这种不同表明:在给定的文化背景下,文化线索会随着文化而变化,神经加工过程也会不同。

## 4. 评价及展望

社会身份是管理心理学和社会心理学研究中一个重要的领域,它的辨识对于人际交往、日常生活非常重要。而且,对它的研究也可能推动相关领域研究的发展,比如权力、领导力等研究。虽然,社会身份辨识的神经基础已经取得了一定的进展,但是,其研究还存在着有待完善的地方。

### 4.1. 研究方法单一

目前,社会身份辨识神经基础的研究主要是间接地证明。社会身份辨识的神经基础从最初通过眼神(George, 2001; Pelphrey et al., 2004)、表情(Adams, 2008)、图片(Karafin, 2004)、移情(Chiao et al., 2009)到数字(Chiao et al., 2009)进行研究,其研究领域不断地扩大,但是本文认为现有研究并没有使用一种更为直接的方式来激活社会身份辨识,也没有直接观察所有被激活的脑区。虽然,目前这种方法可以帮助我们快速找到社会身份辨识的脑区,但这种方法很难找到他们之间更为直接、确切的联系,即不能找到他们之间的因果关系,更多是相关关系。相关关系不是研究目的,对脑区功能研究才能将研究用于实践,指导人们的行为。另外,研究者在实验室条件下,为被试设定一些面孔图片、标志、制服、甚至汽车等,人为让被试做出身份判断,与社会真实情景还存在差异。因此本文认为,该领域需要引入新的实验设计、实验方法,如:具身认知、镜像神经元。此外,今后的研究还应该将重点放在基于一定情境和任务条件下的整个大脑机构的扫描,来弥补对已有部分脑区扫描的缺陷与不足(张晶,石向实,2010)。

### 4.2. 大脑半球一侧化优势研究较少

总体上大脑两半球是不对称的。一般说,左半球功能偏向于理性思维,而右半球则多感性思维。因而左半球主要负责完成语言、逻辑分析和数学思考行为等;右半球则主要负责直观的、综合的、几何的(立体空间功能)、音乐、绘图的思考认识和行为等。电生理学记录和神经成像的研究结果支持右脑专门负责面部情绪加工的说法(姜媛,林崇德,2010)。考虑到社会身份与情绪也具有一定的相关性,那么,社会身份辨识的神经机制是否也存在一侧化优势呢?目前,这方面的研究还很少。在移情实验中,研究发现左脑岛的神经活动更为强烈。同样,Chiao 等(2009)在研究社会身份辨识和数字比较关系时发现,左侧下顶叶的活动更为强烈。那其他脑区是否也存在类似情况呢?大脑半侧化优势研究,可以加强对社会身份辨识的了解,找到各个半脑的功能,据此我们可以通过加强某个半脑的训练,增强社会身份辨识能力。因此,找到两个半球的差异及各自功能具有重要意义。

### 4.3. 研究领域狭窄

从上述资料可知,有关社会身份辨识神经机制的相关研究并不太多,研究领域较狭窄。除上述脑区外,一些与比较有关的脑区可能也与社会身份辨识神经基础有关,如:空间方位比较、颜色比较、声音比较等。另外社会身份辨识可以通过语言、信号、肢体语言来表达,所以,与社会身份辨识方式有关的脑区可能也会影响社会身份辨识,如:语言、身体姿态、图片等。另外,鉴于前额叶皮质的重要性,在未来的研究中,可以关注前额叶皮质其他部位是否在身份辨识中也起到作用,功能如何。另外,脑岛与前额叶和顶叶密切相连,它的作用也需进一步研究。当然,其他一些相关领域的研究,比如:权力的脑区与趋近-回避行为的脑区有关(Maarten, Boksem, Smolders, & Cremer, 2009),也可为研究提供一些渠道。

### 4.4. 缺乏脑区之间关系的研究

脑区并非是一个个割裂开来的部分,因此将社会身份脑区以大脑区域进行分类,易导致我们割裂开来看待社会身份。大脑的不同区域有很强的联系,因此研究不同的大脑区域是如何联合起来影响社会身份

的是非常必要的。目前的研究大都是从单独某个部分进行研究,因此,研究这些脑区是如何共同影响社会身份也可以作为未来研究的一个方向。

综上可知,在已有研究中,关注的主要是哪些脑区与社会身份辨识有关,方法也多是对其相关认知领域的研究。因此,其研究尚不够深入,研究方法单一,研究的内容也较局限。现有的研究可能并未找出社会身份辨识的主要脑区,前面所提到的脑区也有不精确的地方。所以,未来研究需要深入研究其神经基础的功能,逐步验证已知脑区功能,并找出影响社会身份辨识的其他脑区。只有这样,才能对社会身份的辨识有更加明确的了解,并推测出该现象是先天还是后天的,以帮助我们的人际交往中有效、迅速地辨识出他人身份。可见,未来关于社会身份辨识神经基础的研究任重而道远,需要研究者不断地探索研究。

## 参考文献 (References)

- 姜媛,林崇德(2010). 情绪的脑单侧化研究进展. *心理与行为研究*, 4期, 312-318.
- 张晶,石向实(2010). 社会认知神经科学研究十年: 回顾与展望. *心理学探新*, 4期, 29-33.
- Allison, T., Puce, A., & McCarthy, G. (2000). Social perception from visual cues: Role of the STS region. *Trends in Cognitive Science*, 7, 267-278.
- Amodio, D. M., & Frith, C. D. (2006). Meeting of minds: The medial frontal cortex and social cognition. *Nature Reviews Neuroscience*, 7, 268-277.
- Anderson, C., Srivastava, S., Beer, J., Spataro, S. E., & Chatman, J. A. (2006). Knowing your place: Self-perceptions of status in social groups. *Journal of Personality and Social Psychology*, 91, 1094-1110.
- Cheney, S. L., & Seyfarth, R. M. (1990). The representation of social relations by monkeys. *Cognition*, 37, 167-196.
- Chiao, J. Y. (2010). Neural basis of social status hierarchy across species. *Current Opinion in Neurobiology*, 20, 803-809.
- Chiao, J. Y., Vani, A., Mathur, Tokiko H., & Trixie L. (2009). Neural basis of preference for human social hierarchy versus egalitarianism. *Values, Empathy, and Fairness across Social Barriers*, 1167, 174-181.
- Chiao, J. Y., Haradaa, T., Emily, R. O., Zhang, L., Parrish, T., & Bridge, D. J. (2009). Neural representations of social status hierarchy in human inferior parietal cortex. *Neuropsychologia*, 47, 354-363.
- Chiao, J. Y., Adams Jr., R. B., Tse, P. U. et al. (2008). Knowing who's boss: fMRI and ERP investigations of social dominance perception. *Group Relations and Inter-Group Processes (Special Issue in Social Neuroscience)*, 11, 201-214.
- Chiao, J. Y., Bordeaux, A. R., & Ambady, N. (2004). Mental representations of social status. *Cognition*, 93, B49-B57.
- Cohen-Kadosh, R., Henik, A., Rubinsten, O., Mohr, H., Dori, H., Van de Ven, V., Zorzi, M., Hendler, T., Goebel, R., & Linden, D. (2005). Are numbers special? The comparison systems of the human brain investigated by fMRI. *Neuropsychologia*, 43, 1238-1248.
- Farrow, T. F., Jones, S. C., Kaylor-Hughes, C. J., Wilkinson, I. D., Woodruff, P. W., Hunter, M. D., & Spence, S. A. (2011). Higher or lower? The functional anatomy of perceived allocentric social hierarchies. *Neuroimage*, 57, 1552-1560.
- Fiske, A. P. (1992). The four elementary forms of sociality: Framework for a unified theory of social relations. *Psychological Review*, 99, 689-723.
- Freeman, J. B., Rule, N. O., Adams, R. B., & Ambady, N. (2009). Culture shapes a mesolimbic response to signals of dominance and subordination that associates with behavior. *Neuroimage*, 47, 353-359.
- Grosenick, L., Celemet, T. S., & Fernald, R. D. (2007). Fish can infer social rank by observation alone. *Nature*, 445, 429-432.
- Hackman, D., & Farah, M. J. (2008). Socioeconomic status and brain development. *Trends in Cognitive Science*, 13, 65-73.
- Hein, G., & Singer, T. (2008). I feel how you feel but not always: The empathic brain and its modulation. *Current Opinion in neurobiology*, 18, 1-6.
- Hsu, M., Anen, C., & Quartz, S. R. (2008). The right and the good: Distributive justice and neural encoding of equity and efficiency. *Science*, 320, 1092-1095.
- Iacoboni, M., Lieberman, M. D., Knowlton, B. J., Molnar-Szakacs, M. M., Throop, J., & Fiske, A. P. (2004). Watching social interactions produces dorsomedial and medial parietal BOLD fMRI signal increases compared to a resting baseline. *Neuroimage*, 21, 1167-1173.
- Iacoboni, M. (2009). Imitation, empathy and mirror neurons. *Annual Review of Psychology*, 60, 653-670.
- Karafin, M. S., Tranel, D., & Adolphs, R. (2004). Dominance attributions following damage to the ventromedial prefrontal cortex. *Journal of Cognition Neuroscience*, 16, 1796-1804.
- Krendl, A., Richeson, J. A., Kelley, W., & Heatherton, T. F. (2008). The negative consequences of threat: An fMRI investigation of the neural mechanisms underlying women's underperformance in math. *Psychological Science*, 19, 168-175.
- Maarten, A., Boksem, S., Smolders, R., & Cremer, D. D. (2009). Social power and approach-related neural activity. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 1, 1-5.
- Marsh, A. A., Blair, K. S., Jones, M. M., Soliman, N., & Blair, R. J. R. (2009). Dominance and submission: The ventrolateral prefrontal cortex and responses to status cues. *Journal of Cognition Neuroscience*, 21, 713-724.
- Neider, A. (2005). Counting on neurons: The neurobiology of numerical competence. *Nature Reviews Neuroscience*, 6, 177-190.
- Olsson, A., & Ochsner, K. N. (2007). The role of social cognition in emotion. *Trends in Cognitive Sciences*, 12, 65-71.
- Pelphrey, K. A., Viola, R. J., & McCarthy, G. (2004). When strangers pass: processing of mutual and averted social gaze in superior temporal sulcus. *Psychological Science*, 15, 598-603.
- Pinel, P., Dehaene, S., Riviere, D., & LeBihan, D. (2001). Modulation of parietal activation by semantic distance in a number comparison task. *Neuroimage*, 14, 1013-1026.
- Pinel, P., Piazza, M., Bihan, D. L., & Dehaene, S. (2004). Distributed and overlapping cerebral representations of number, size, and luminance during comparative judgments. *Neuron*, 41, 983-993.
- Pratto, F., Sidanius, J., Stallworth, L. M., & Malle, B. F. (1994). Social dominance orientation: A personality variable predicting social and political attitudes. *Journal of Personality and Social Psychology*, 67, 741-763.
- Preston, S. D., & de-Waal, F. B. M. (2002). Empathy: Its ultimate and proximate bases. *Behavioral and Brain Sciences*, 25, 1-72.
- Raizada, R. D. S. et al. (2008). Socioeconomic status predicts hemispheric specialization of the left inferior frontal gyrus in young children. *Neuroimage*, 40, 1392-1401.
- Sapolsky, R. M. (2005). The influence of social hierarchy on primate health. *Science*, 308, 648-652.
- Sawamura, H., Shima, K., & Tanji, J. (2002). Numerical representation for action in the parietal cortex of the monkey. *Nature*, 415, 918-921.
- Schulte-Ruther, M., Markowitsch, H. J., Shah, N. J. et al. (2008). Gender differences in brain networks supporting empathy. *Neuroimage*, 42, 393-403.
- Shuman, M., & Kanwisher, N. (2004). Numerical magnitude in the human parietal lobe: Tests of representational generality and domain specificity. *Neuron*, 44, 1-20.
- Singer, T., Seymour, B., O'Doherty, J. et al. (2006). Empathic neural

- responses are modulated by the perceived fairness of others. *Nature*, 439, 466-469.
- Thioux, M., Pesenti, M., Costes, N., Volder, A. D., & Seron, X. (2005). Task independent semantic activation for numbers and animals. *Cognitive Brain Research*, 24, 284-290.
- Walsh, V. (2003). A theory of magnitude: Common cortical metrics of time, space and quantity. *Trends in Cognitive Science*, 7, 483-488.
- Wilson, E. O. (2000). *Sociobiology: The new synthesis*. Cambridge: Belknap Press.
- Zink, C. F., Tong, Y., Chen, Q. et al. (2008). Know your place: Neural processing of social hierarchy in humans. *Neuron*, 58, 273-283.