

社会排斥的神经机制:基于fMRI研究的元分析

赵祁伟¹, 刘和珺², 王琦², 刘拓²

(1.上海体育学院心理学院,上海200438;2.教育部人文社会科学重点研究基地天津师范大学心理与行为研究院,天津师范大学心理学部,国民心理健康评估与促进协同创新中心,天津300387)

【摘要】 目的:探究个体受到社会排斥主要激活的脑区及其神经机制。**方法:**在PubMed、ScienceDirect数据库中对社会排斥相关fMRI研究进行检索,符合要求文献共42篇,采用激活似然估计方法,针对全部研究、掷球范式和亲身经历社会排斥三种条件进行元分析。**结果:**腹侧前扣带回在不同条件下元分析中表现出跨范式的激活稳定性;腹侧前扣带回、背侧前扣带回、后扣带回在掷球范式下出现激活;除以上脑区外,亲身经历社会排斥时脑岛、额下回也出现激活。**结论:**腹侧和背侧前扣带回、后扣带回、脑岛和额下回在社会排斥的神经机制中可能起着重要作用,未来研究应进一步探究激活的脑区在社会排斥神经机制中如何运作,针对个体差异进行研究。

【关键词】 社会排斥;神经成像;激活似然估计;元分析

中图分类号: R395.1

DOI: 10.16128/j.cnki.1005-3611.2019.03.002

Neural Mechanisms of Social Exclusion: Evidences from A Meta-Analysis on fMRI Studies

ZHAO Qi-wei¹, LIU He-jun², WANG Qi², LIU Tuo²

¹School of Psychology, Shanghai University of Sport, Shanghai 200438, China; ²Key Research Base of Humanities and Social Sciences of the Ministry of Education, Academy of Psychology and Behavior, Tianjin Normal University; Faculty of Psychology, Tianjin Normal University; Center of Collaborative Innovation for Assessment and Promotion of Mental Health, Tianjin 300387, China

【Abstract】 Objective: To identify brain regions associated with social exclusion and to investigate the neural mechanisms of social exclusion. **Methods:** 42 fMRI literatures about social exclusion were retrieved from the PubMed and ScienceDirect database and all three conditions of research, All Paradigm, Cyberball and Experience Exclusion were meta-analyzed by activated likelihood estimation. **Results:** The ventral anterior cingulate gyrus showed activation across paradigms in the meta-analysis under different conditions. The ventral anterior cingulate, dorsal anterior cingulate and posterior cingulate were activated under the Cyberball. In addition to the above brain regions, the insula and inferior frontal gyrus are also activated when experiencing social exclusion. **Conclusion:** These brain regions play an important role in the neural mechanisms of social exclusion. In the future, studies should further explore how activated brain regions operate in the social exclusion neural mechanism and investigate individual differences.

【Key words】 Social exclusion; Meta-analysis; Activation likelihood estimation; fMRI

人类作为社会性动物,具有强烈的动机和意愿去建立社会联系以获得在群体中的归属感,这对个体获得更好生存和繁殖的机会具有重要意义。如果个体受到其他社会成员的忽视、排斥,从而导致归属感缺失,会对个体日常生活和身心发展造成很大影响。一般来说,在社会生活中,这种个体因受忽视而觉察到归属感缺失的现象被称为社会排斥,常用“social exclusion”、“social rejection”、“ostracism”等词来指代^[1]。社会排斥不仅会使个体社会关系受损,引起痛苦感^[2],还会使个体在获得归属感过程中受到阻碍^[3],使受排斥者认为自己丧失了生活的意义^[1]。有研究表明,社会排斥与包括抑郁和焦虑等在内的负性情绪和心理健康问题有关。在Leary等人对校

园枪击案的研究中发现,社会排斥与攻击性行为之间可能存在密切联系^[4]。

近年来,除自我报告与行为学研究外更多研究者开始应用神经成像技术。在社会排斥的神经成像研究中最常用的实验范式是网络掷球范式。经典的掷球游戏包括两个部分:第一部分是接纳设计,即在游戏中所有参与者都有均等机会接到传球;第二部分是排斥设计,参与者只在游戏开始的几次掷球中接到来自他人的传球,而后便被排斥在外^[5]。Eisenberger等人于2003年将核磁共振技术和掷球范式结合,用于研究当个体受到社会排斥时的神经活动。结果显示,相对于接纳条件,参与者在排斥条件下其前扣带回(Anterior Cingulate Cortex, ACC)的激活程度更高,并且和参与者自我报告的社会痛苦程度呈正相关,这一激活位置与躯体疼痛相关激活脑区非

【基金项目】 国家自然科学基金青年基金项目(31800945)资助

通讯作者:刘拓

常相似^[6]。而后的研究也发现二者可能存在共同的神经机制,包括背侧前扣带回(dorsal Anterior Cingulate Cortex, dACC)和脑岛(insula)等^[7]。此外,有证据表明参与者在受到社会排斥时背侧前扣带回(dACC)和右腹外侧前额叶(right ventrolateral prefrontal cortex, rVLPFC)均被激活,部分研究还发现腹侧纹状体、杏仁核等区域也出现激活^[2]。

但在传统的网络掷球实验中,很难界定参与者的脑区激活是由于社会排斥还是接到的传球次数不同于预期。因此,有研究者为了分离违反预期和社会排斥加入了过度接纳这一设计,即让参与者接到传球的次数高于其预期,以此来制造违反预期的情况。结果发现,背侧前扣带回(dACC)在接球次数低于预期时出现激活,说明背侧前扣带回(dACC)在社会排斥中起着重要作用,并且由排斥所引发的右腹外侧前额叶(rVLPFC)的激活与自我评估的社会痛苦之间呈负相关,该区域可能是调节情绪的关键^[8]。此外,社会评判任务要求参与者根据照片评估不熟悉的同伴,随后收到有关对方是否对自己感兴趣的反馈^[9],并且通过设置不同的正负反馈次数、反馈与自己评估是否一致来分离违反预期和社会排斥,发现背侧扣带回(dACC)对预期违反更为敏感,而腹侧前扣带回(ventrolateral Anterior Cingulate Cortex, vACC)则对社会排斥更为敏感^[10]。

在探究个体目睹他人受到社会排斥时的神经激活情况时,采用网络掷球范式的变式,让参与者旁观他人在游戏中受到掷球者的忽视。具体而言,目睹他人受到社会排斥时内侧前额叶(medial prefrontal cortex, MPFC)、背内侧前额叶(dorsal medial prefrontal cortex, DMPFC)表现出激活,而激活情况也与参与者的共情能力有关,高共情能力个体与个体亲身经历社会排斥时相关的脑区如背侧前扣带回(dACC)、前脑岛(insula)等也出现了激活^[11]。进一步研究发现,当目睹对象从陌生人转变为亲近的朋友时,背侧前扣带回(dACC)等区域也表现出一定的激活^[12]。

为寻求跨研究稳定性的神经激活情况,Cacioppo等人在2013年采用多重核密度法(MKDA, Multi-level Kernel Density Analysis)进行元分析,结果表明受排斥时双侧前脑岛(insula)、左侧前扣带回(ACC)、左侧额眶皮层(left inferior orbito-frontal cortex)出现激活^[13]。Vijayakumar等人的元分析发现双侧内侧前额叶(MPFC)、后扣带回(Posterior Cingulate Cortex, PCC)、右楔前叶皮层(right precuneus)和左腹外侧前

额叶皮质(left ventrolateral prefrontal cortex, IVLPFC)激活^[14],而两次元分析结果重叠很少。此外Vijayakumar的元分析还发现,腹外侧前额叶(VPFC)的激活是由发育中样本(7-18岁)主导的,而内侧前额叶(MPFC)的激活则由新成人样本(18-30岁)主导,并且右腹侧纹状体的激活仅在发育中样本出现^[14]。意外的是,广受关注的背侧前扣带回(dACC)均未出现激活。Cacioppo等人认为这表明社会排斥引起的痛苦与生理痛苦的神经机制并不相同;Vijayakumar等人认为早期研究结果对后续研究和解释产生了不当影响,背侧前扣带回(dACC)并非重要脑区。

以往的神经成像研究与元分析研究为常见的脑区激活模式提供了一定的证据,但仍存较多争议。如两次元分析结果差异较大,社会排斥与生理痛苦有无共同神经机制,背侧前扣带回(dACC)在社会排斥中作用的争议。因此,本研究首先对所有符合元分析要求的社会排斥相关功能磁共振研究进行元分析,以得出跨研究稳定激活的脑区,并进一步对不同范式、经历和目睹他人的研究进行对照。一方面对现有研究进行总结与验证,另一方面也为以后研究提供参考。

1 方 法

1.1 文献检索与纳入

以2018年3月为截止日期,以“social exclusion”、“Social rejection”、“Ostracism”分别与“fMRI”共同作为关键词检索近十年文章,在PubMed中分别检索出文献169篇、189篇、10篇,在ScienceDirect中分别检索出文献123篇、124篇、38篇。符合以下标准则纳入元分析:(1)实证研究文章;(2)研究内容为亲身经历或目睹他人受到社会排斥;(3)采用功能性磁共振(fMRI);(4)研究对象为健康人群或有健康人群组别;(5)报告了排斥条件与接纳条件的对比结果;(6)报告全脑分析的峰值激活坐标;(7)坐标体系为MNI或Talairach。

筛选后得到文献42篇^[15-49],其中采用掷球范式36篇,包含个体经历社会排斥的文献27篇,包含目睹他人经历社会排斥的文献10篇,采用其他范式研究6篇,文章信息详情见表1。

1.2 激活似然性估计法(Activation Likelihood Estimation, ALE)

激活似然性估计法(ALE)^[50,51]经过不断改进与优化,算法较为成熟,在神经成像相关领域应用广泛,如在对面孔加工、抑郁与焦虑障碍、情绪控制与

抑制的神经机制的研究中都采用了此方法^[53-55]。激活似然性评估主要有以下优点:1)能够以量化分析的方法探究大量研究中脑区激活坐标信息的稳定

性,减少了主观性;2)能够自动化进行运算分析,减少运算偏差;3)运用显著性检验,结果具有统计意义上的客观性和科学性^[52]。

表1 纳入文献基本信息

| 作者 | 年份 | 被试数量 | 坐标数量 | 坐标系 | 作者 | 年份 | 被试数量 | 坐标数量 | 坐标系 |
|-----------------------|------|------|------|-----------|-------------------------|------|------|------|-----------|
| 网络掷球范式下个体亲身经历社会排斥相关研究 | | | | | Gradin et al. | 2012 | 16 | 3 | MNI |
| Radke et al. | 2018 | 41 | 5 | MNI | Bolling et al. | 2011 | 23 | 12 | MNI |
| Wasylyshyn et al. | 2018 | 57 | 10 | MNI | Masten et al. | 2011 | 18 | 15 | MNI |
| Van et al. | 2017 | 18 | 6 | MNI | Bolling et al. | 2011 | 21 | 10 | MNI |
| | | 27 | 12 | | Sebastian et al. | 2011 | 35 | 12 | MNI |
| | | 26 | 12 | | 网络掷球范式下个体目睹他人经历社会排斥相关研究 | | | | |
| Heeren et al. | 2017 | 23 | 5 | Talairach | Cogoni et al. | 2018 | 41 | 15 | MNI |
| Cogoni et al. | 2018 | 41 | 8 | MNI | Tousignant et al. | 2017 | 40 | 9 | MNI |
| Will et al. | 2016 | 44 | 5 | MNI | Perino et al. | 2016 | 24 | 12 | MNI |
| Preller et al. | 2016 | 21 | 27 | MNI | Novembre et al. | 2015 | 23 | 48 | MNI |
| Novembre et al. | 2015 | 23 | 13 | MNI | Meyer et al. | 2013 | 16 | 7 | MNI |
| Will et al. | 2015 | 28 | 13 | MNI | | | 16 | 7 | |
| Wudarczyk et al. | 2015 | 24 | 3 | MNI | Masten et al. | 2013 | 23 | 11 | MNI |
| Bonenberger et al. | 2015 | 31 | 2 | MNI | Masten et al. | 2012 | 16 | 7 | MNI |
| Gonzalez et al. | 2015 | 85 | 6 | MNI | Joseph et al. | 2011 | 20 | 9 | MNI |
| Bolling et al. | 2016 | 20 | 12 | MNI | Masten et al. | 2011 | 16 | 5 | MNI |
| Bolling et al. | 2015 | 15 | 12 | MNI | Masten et al. | 2011 | 20 | 6 | MNI |
| Nishiyama et al. | 2015 | 46 | 14 | MNI | 其他范式社会排斥相关研究 | | | | |
| Falk et al. | 2014 | 36 | 6 | MNI | Dalglish | 2017 | 60 | 7 | MNI |
| Kawamoto et al. | 2012 | 22 | 13 | Talairach | Via et al. | 2015 | 20 | 12 | MNI |
| Lelieveld et al. | 2012 | 30 | 3 | MNI | Lee et al. | 2014 | 16 | 3 | MNI |
| Masten et al. | 2012 | 21 | 25 | MNI | Silk et al. | 2013 | 48 | 13 | Talairach |
| DeWall et al. | 2012 | 25 | 15 | MNI | Gyurak et al. | 2012 | 23 | 4 | MNI |
| Bolling et al. | 2011 | 20 | 12 | MNI | Sebastian et al. | 2010 | 35 | 8 | MNI |

1.3 工具与数据处理

使用 GingerALE 2.3.6(<http://www.brainmap.org/ale/>)作为元分析工具,使用 Mango 4.1 (<http://ric.uth-scsa.edu/mango>)用于结果图像呈现。元分析在 MNI 空间下进行,将采用 Talairach 空间坐标的研究数据使用 icbm2tal 转换函数转化至 MNI 空间下(Lancaster et al., 2007)。参考 GingerALE 使用手册中给出的算法及参数设置建议,选择 FDR pID 算法,临界统计值为 0.05,最小体积为 300 mm³。

2 结 果

如表 2 与图 1 所示,将 42 篇文献进行元分析得到一个激活簇为以 x=0, y=28, z=-8 为中心的左腹侧前扣带回(vACC)区域,体积 312 mm³;36 个掷球范式研究的元分析结果显示出 3 个激活簇,分别为以 x=-8, y=-56, z=14 为中心的左后扣带回(PCC)区域,体积 408 mm³,以 x=0, y=28, z=-8 为中心的左腹侧前扣带

回(vACC)区域,体积 392 mm³和以 x=2, y=46, z=-16 为中心的右背侧前扣带回(dACC)区域,体积 352 mm³。6 篇运用其他范式的相关研究未发现激活簇。

表2 所有纳入研究和网络掷球范式研究元分析结果

| 脑区 | 半球 | 坐标 | | | 体积(mm³) | ALE 值 | BA |
|--------|----|----|-----|-----|---------|-------|----|
| | | x | y | z | | | |
| 所有纳入研究 | | | | | | | |
| vACC | 左 | 0 | 28 | -8 | 312 | 0.027 | 24 |
| 网络掷球范式 | | | | | | | |
| PCC | 左 | -8 | -56 | 14 | 408 | 0.028 | 30 |
| vACC | 左 | 0 | 28 | -8 | 392 | 0.027 | 24 |
| dACC | 右 | 2 | 46 | -16 | 352 | 0.026 | 32 |

注:(1)坐标为激活簇中心坐标。(2)ALE 值为在该脑区内的最大激活似然值,代表该脑区的激活概率。(3)BA 为布罗德曼分区。下同。

如表 3 与图 2 所示,在所有掷球范式相关研究中,将亲身经历社会排斥的 27 个研究进行元分析,结果显示出 5 个激活簇,分别为以 x=-8, y=-56, z=14 为中心的左后扣带回(PCC)区域,体积 504 mm³,以 x=0, y=28, z=-8 为中心的左腹侧前扣带回(vACC)区

域, 体积 472 mm^3 , 以 $x=40, y=-14, z=18$ 为中心的右侧脑岛(insula)区域, 体积 472 mm^3 , 以 $x=-50, y=36, z=-10$ 为中心的左侧额下回(IFG)区域, 体积 424 mm^3 和以 $x=2, y=46, z=-14$ 为中心的右背侧前扣带回

(dACC)区域, 体积 304 mm^3 。

6篇运用其他范式的相关研究未发现激活簇。10个目睹他人受到社会排斥相关研究的元分析结果未发现激活簇。

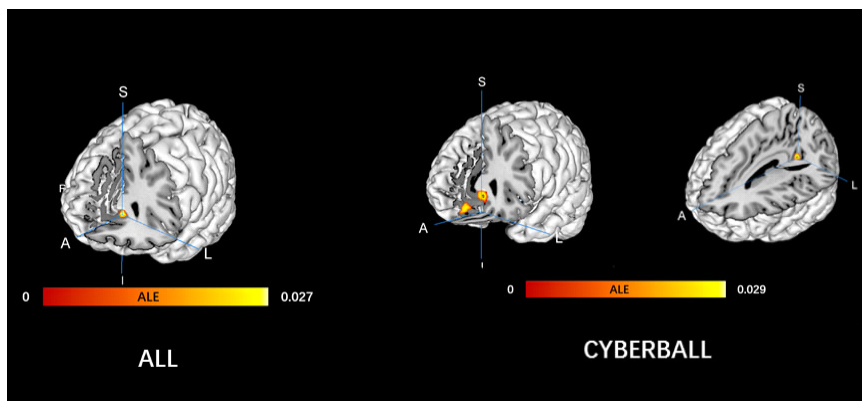


图1 所有纳入研究和网络掷球范式研究元分析结果

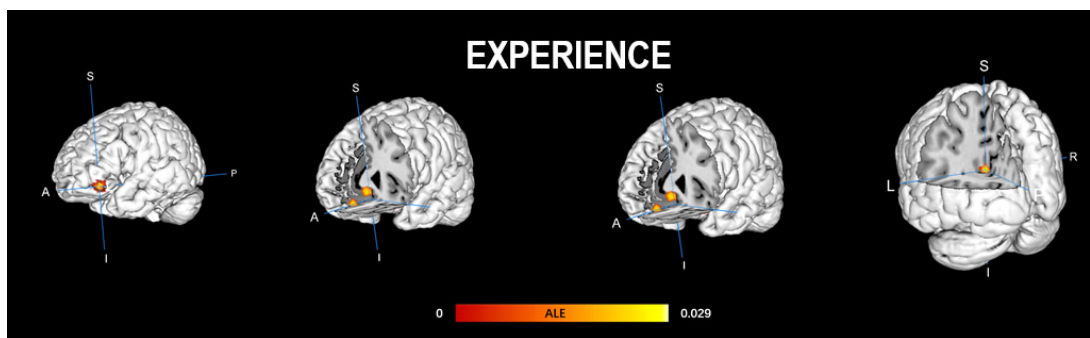


图2 个体经历社会排斥研究元分析结果

表3 个体经历社会排斥研究元分析结果

| 脑区 | 半球 | 坐标 | | | 体积(mm³) | ALE 值 | BA |
|----------|----|-----|-----|-----|---------|-------|----|
| | | x | y | z | | | |
| 亲身经历社会排斥 | | | | | | | |
| PCC | 左 | -8 | -56 | 14 | 504 | 0.027 | 30 |
| vACC | 左 | 0 | 28 | -8 | 472 | 0.025 | 24 |
| Insula | 右 | 40 | -14 | 18 | 472 | 0.029 | 13 |
| IFG | 左 | -50 | 36 | -10 | 424 | 0.023 | 47 |
| dACC | 右 | 2 | 46 | -14 | 304 | 0.022 | 32 |

3 讨论

综合结果来看, 腹侧前扣带回(vACC)在各种条件下的元分析中都表现出激活, 且激活簇体积较大, 这与 Vijayakumar 等人的元分析结果基本一致^[14]。并且, 当元分析范围包含所有社会排斥相关的不同范式时, 仅有此区域表现出激活, 表明该腹侧前扣带回(vACC)的激活具有跨范式、跨研究的稳定性。本结果也对以往研究的一些结论给予了支撑, 如在 Somerville 等人对预期违背和社会排斥分离的研究中, 腹侧前扣带回(vACC)表现出对社会反馈的敏感

性^[9], 并对形成相对社会地位的认知方面的功能起到重要作用^[9]。腹侧前扣带回(vACC)也被认为是社会痛苦的基础, 情感支持可以介入左前额区域的调控过程, 又作用在腹侧前扣带回(vACC)从而影响社会痛苦的程度^[56]。该区域还在 Bolling 的研究中表现出功能性分离, 在社会排斥条件下激活程度高, 在预期违背条件下相反^[34]。

与 Cacioppo 等人和 Vijayakumar 等人的元分析结果不同, 将元分析范围限定在网络掷球范式后, 除腹侧前扣带回(vACC)外, 后扣带回(PCC)和背侧前扣带回(dACC)区域也表现出了激活稳定性。在早期社会排斥相关神经因素研究中, 背侧前扣带回(dACC)被认为是社会排斥的重要神经基础, 是社会痛苦与生理痛苦具有共同神经认知功能的标志^[6]。而在通过改进范式将预期违背和社会排斥进行分离研究中发现, 背侧前扣带回(dACC)可能对预期违背更为敏感^[34], 在社会排斥条件下并未激活^[9]。Kawamoto 等人发现背侧前扣带回(dACC)区域在觉察和加工社会排

斥方面起到重要作用,是一个关键脑区^[8]。对此脑区在社会排斥中的功能无统一结论。后扣带回(PCC)被认为涉及自我相关性,在自尊和默认网络相关性的研究中,静息状态下高自尊个体后扣带回(PCC)激活强于低自尊个体^[57]。该条件下后扣带回(PCC)的激活可能说明了掷球范式可以引起个体自尊感受损,今后研究可以从个体自尊水平差异展开。掷球范式研究元分析中背侧前扣带回(dACC)的激活可能因为该区域在社会排斥中发挥作用,也可能由于掷球范式下少有研究对社会排斥与预期违背进行分离导致。无论如何,在此次元分析中,包括背侧和腹侧在内的前扣带回区域的确在社会排斥相关研究中表现出较高激活稳定性,该区域被认为是社会应激源,包括同伴排斥敏感性的重要标志,此后可就此区域神经机制如何运作进行研究。

当元分析范围排除目睹他人受到社会排斥时,除上述脑区外右脑岛(insula)和右侧额下回(IFG)也出现激活。额下回(IFG)是情绪和认知控制回路的关键脑区,可能起到对社会排斥引起的痛苦进行调节的作用^[38,49,58]。脑岛(insula)和背侧前扣带回(dACC)的激活与生理痛苦相关神经因素的激活有较多重叠,由此可以推测二者可能有着相似或共同作用的神经基础。这一结果异于以往两次元分析,并且在一定程度上支撑了Eisenberger社会痛苦与躯体疼痛存在共享神经环路的理论。本次元分析的结果也表明这种机制可能只存在于个体亲身经历社会排斥的情况下,而不存在于目睹他人受到排斥的情况。

与先前元分析结果的不同主要来源于所选取样本和使用方法的不同,考虑到研究的可靠性和时效性,本文选取文章为近十年,尤其与Cacioppo等人所选用样本重叠较少,且方法不同。另外,本研究还试图将亲身经历和目睹他人的研究进行元分析的比照,遗憾的是未发现具激活脑区,主要原因可能是相关研究数量太少。将元分析范围限制为其他范式时,同样没有发现激活区域,可能是因为该范围下范式种类多且复杂,且各研究间实验设计差异较大,并且研究数量较少。对于目前研究的结果,需要周全考虑到方法优势及其局限性。元分析方法的一个主要优点是可以综合衡量每项研究的贡献,从而降低采样误差,提高统计检验力和敏感度。但与之相对的,元分析方法也受研究数量的限制。对于未能有效进行的元分析,有待更多此类研究来稳定当前结果。

针对个体差异而进行研究,是未来社会排斥相

关研究的一个切入角度。例如Vijayakumar等人的元分析中,青春期个体与新兴成人个体对于社会排斥所激活神经相关因素不相同^[14],但造成此结果的原因是大脑成熟程度不同还是个体在不同年龄阶段对社会反馈敏感度不同尚不明确,有待进一步探究。并且,在本次元分析中采纳的研究中,只有极少数研究针对性别进行了分别报告,在一些社会认知过程的研究中已经发现显著的性别差异^[59],也应得到重视。另外值得注意的是,文献筛选时一些研究因未报告主效应或坐标数据而不得不删除,这也降低了元分析的周全性和结果准确性。今后研究也应提倡对功能磁共振成像研究原始图像数据的共享,此举有利于结果更加准确的基于图像的元分析进行,以便得到更有价值的结果。

参 考 文 献

*表示元分析用到的文献。

- 1 Stillman TF, Baumeister RF, Lambert NM, et al. Alone and without purpose: Life loses meaning following social exclusion. *Journal of Experimental Social Psychology*, 2009, 45(4): 1-694
- 2 Yanagisawa K, Masui K, Furutani K, et al. Does higher general trust serve as a psychosocial buffer against social pain? An fMRI study of social exclusion. *Social Neuroscience*, 2011, 6(2): 190-197
- 3 Wheeler GL. On Being Rejected: A Meta-Analysis of Experimental Research on Rejection. *Perspectives on Psychological Science*, 2009, 4(5): 468-488
- 4 Leary MR, Kowalski RM, Smith L, et al. Teasing, rejection, and violence: Case studies of the school shootings. *Aggressive Behavior*, 2003, 29(3): 202-214
- 5 Williams KD, Jarvis B. Cyberball: A program for use in research on interpersonal ostracism and acceptance. *Behavior Research Methods*, 2006, 38(1): 174-180
- 6 Eisenberger NI, Lieberman MD, Williams KD. Does Rejection Hurt? An fMRI Study of Social Exclusion. *Science*, 2003, 302(5642): 290-292
- 7 Eisenberger, Naomi I. The pain of social disconnection: examining the shared neural underpinnings of physical and social pain. *Nature Reviews Neuroscience*, 2012, 13(6): 421-434
- 8 *Taishi K, Keiichi O, Ken'ichiro N, et al. Is dorsal anterior cingulate cortex activation in response to social exclusion due to expectancy violation? An fMRI study. *Frontiers in Evolutionary Neuroscience*, 2012, 4
- 9 Somerville LH, Heatherton TF, Kelley WM. Anterior cingulate cortex responds differentially to expectancy violation and social rejection. *Nature Neuroscience*, 2006, 9(8): 1007-

- 1008
- 10 Somerville LH, Kelley WM, Heatherton TF. Self-esteem Modulates Medial Prefrontal Cortical Responses to Evaluative Social Feedback. *Cerebral Cortex*, 2010, 20(12): 3005–3013
- 11 Masten CL, Morelli SA, Eisenberger NI. An fMRI investigation of empathy for ‘social pain’ and subsequent prosocial behavior. *Neuroimage*, 2011, 55(1): 381–388
- 12 Meyer ML, Masten CL, Ma Y, et al. Empathy for the social suffering of friends and strangers recruits distinct patterns of brain activation. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 2013, 8(4): 446–454
- 13 Cacioppo S, Frum C, Asp E, et al. A Quantitative Meta-Analysis of Functional Imaging Studies of Social Rejection. *Scientific Reports*, 2013. 3
- 14 Vijayakumar N, Cheng TW, Pfeifer JH. Neural correlates of social exclusion across ages: A coordinate-based meta-analysis of functional MRI studies. *NeuroImage*, 2017. S1053811917301611
- 15 *Radke S, Seidel EM, Boubela RN, et al. Immediate and delayed neuroendocrine responses to social exclusion in males and females. *Psychoneuroendocrinology*, 2018, 93: 56–64
- 16 *Wasylyshyn N, Falk BH, Garcia JO, et al. Global Brain Dynamics during Social Exclusion Predict Subsequent Behavioral Conformity. *Social Cognitive & Affective Neuroscience*, 2018, 13(2): 182–191
- 17 *Van d MM, Steinbeis N, Achterberg M, et al. The neural correlates of dealing with social exclusion in childhood. *Neuropsychologia*, 2017, 103: 29
- 18 *Heeren A, Dricot L, Billieux J, et al. Correlates of Social Exclusion in Social Anxiety Disorder: An fMRI study. *Scientific Reports*, 2017, 7(1): 260
- 19 *Cogoni C, Carnaghi A, Silani G. Reduced empathic responses for sexually objectified women: An fMRI investigation. *Cortex*, 2018, 99: 258–272
- 20 *Will GJ, van Lier PAC, Crone EA, et al. Chronic childhood peer rejection is associated with heightened neural responses to social exclusion during adolescence. *Journal of Abnormal Child Psychology*, 2016, 44(1): 43–55
- 21 *Preller KH, Pokorny T, Hock A, et al. Effects of serotonin 2A/1A receptor stimulation on social exclusion processing. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2016, 113(18): 5119
- 22 *Novembre G, Zanon M, Silani G. Empathy for social exclusion involves the sensory-discriminative component of pain: a within-subject fMRI study. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 2015, 10(2): 153–164
- 23 *Will GJ, Crone EA, Guro?Lu B. Acting on social exclusion: neural correlates of punishment and forgiveness of excluders. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 2015, 10(2): 209–218
- 24 *Wudarczyk OA, Nils K, Rene B, et al. Chemosensory anxiety cues moderate the experience of social exclusion – an fMRI investigation with Cyberball. *Frontiers in Psychology*, 2015. 6
- 25 *Bonnenberger M, Plener PL, Groschwitz RC, et al. Polymorphism in the μ -opioid receptor gene (OPRM1) modulates neural processing of physical pain, social rejection and error processing. *Experimental Brain Research*, 2015, 233(9): 2517–2526
- 26 *Gonzalez MZ, Beckes L, Chango J, et al. Adolescent neighborhood quality predicts adult dACC response to social exclusion. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 2015, 10(7): 921–928
- 27 *Bolling DZ, Pelphey KA, Vander Wyk BC. Unlike adults, children and adolescents show predominantly increased neural activation to social exclusion by members of the opposite gender. *Soc Neurosci*, 2016, 11(5): 475–486
- 28 *Bolling DZ, Pelphey KA, Vander Wyk BC. Trait-level temporal lobe hypoactivation to social exclusion in unaffected siblings of children and adolescents with autism spectrum disorders. *Developmental Cognitive Neuroscience*, 2015, 13: 75–83
- 29 *Yoshiko N, Yasumasa O, Yoshihiko K, et al. fMRI Study of Social Anxiety during Social Ostracism with and without Emotional Support. *PLOS ONE*, 2015, 10(5): e0127426
- 30 *Emily B Falk, Christopher N Cascio, Matthew Brook, O'Donnell, et al. Neural Responses to Exclusion Predict Susceptibility to Social Influence. *Journal of Adolescent Health*, 2014, 54(5): S22–S31
- 31 *Lelieveld GJ, Moor BG, Crone EA, et al. A penny for your pain? The financial compensation of social pain after exclusion. *Social Psychological and Personality Science*, 2013, 4(2): 206–214
- 32 *Masten CL, Telzer EH, Fuligni AJ, et al. Time spent with friends in adolescence relates to less neural sensitivity to later peer rejection. *Social Cognitive & Affective Neuroscience*, 2012, 7(1): 106–114
- 33 *Dewall CN, Masten CL, Powell C, et al. Do neural responses to rejection depend on attachment style? An fMRI study. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 2012, 7(2): 184–192
- 34 *Bolling DZ, Pitskel NB, Deen B, et al. Dissociable brain mechanisms for processing social exclusion and rule violation. *NeuroImage*, 2011, 54(3): 2462–2471
- 35 *Gradin VB, Gordon W, Poornima K, et al. Abnormal Neural Responses to Social Exclusion in Schizophrenia. *PLoS ONE*, 2012, 7(8): e42608.

- 36 *Bolling DZ, Pitskel NB, Deen B, et al. Enhanced neural responses to rule violation in children with autism: A comparison to social exclusion. *Developmental Cognitive Neuroscience*, 2011, 1(3): 280–294
- 37 *Masten CL, Morelli SA, Eisenberger NI. An fMRI investigation of empathy for ‘social pain’ and subsequent prosocial behavior. *Neuroimage*, 2011, 55(1): 381–388
- 38 *Sebastian CL, Tan GCY, Roiser JP, et al. Developmental influences on the neural bases of responses to social rejection: Implications of social neuroscience for education. *Neuroimage*, 2011, 57(3): 686–694
- 39 *Tousignant, Béatrice, Eugène, Fanny, Sirois K, et al. Difference in neural response to social exclusion observation and subsequent altruism between adolescents and adults. *Neuropsychologia*, 2017. S0028393217301380
- 40 *Perino MT, Moreira JFG, Telzer EH. Neural activation to viewing social exclusion in adolescent bullies. <https://doi.org/10.31234/osf.io/gd82e>
- 41 *Masten CL, Eisenberger NI, Pfeifer JH, et al. Neural responses to witnessing peer rejection after being socially excluded: fMRI as a window into adolescents’ emotional processing. *Developmental Science*, 2013, 16(5): 743–759
- 42 *Beeney JE, Franklin RG, Levy KN, et al. I feel your pain: Emotional closeness modulates neural responses to empathically experienced rejection. *Social Neuroscience*, 2011, 6(4): 369–376
- 43 *Tim Dalgleish, Nicholas D Walsh, Dean Mobbs, et al. Social pain and social gain in the adolescent brain: A common neural circuitry underlying both positive and negative social evaluation. *Scientific Reports*, 2017, 7: 42010
- 44 *Dewall CN, Masten CL, Powell C, et al. Do neural responses to rejection depend on attachment style? An fMRI study. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 2012, 7(2): 184–192
- 45 *Esther V, Carles SM, Sánchez Isabel, et al. Abnormal Social Reward Responses in Anorexia Nervosa: An fMRI Study. *PLOS ONE*, 2015, 10(7): e0133539
- 46 *Lee H, Ku J, Kim J, et al. Aberrant neural responses to social rejection in patients with schizophrenia. *Social Neuroscience*, 2014, 9(4): 412–423
- 47 *Silk JS, Siegle GJ, Lee KH, et al. Increased neural response to peer rejection associated with adolescent depression and pubertal development. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 2014, 9(11): 1798–1807
- 48 *Gyurak A, Hooker CI, Miyakawa A, et al. Individual differences in neural responses to social rejection: the joint effect of self-esteem and attentional control. *Social Cognitive & Affective Neuroscience*, 2012, 7(3): 322
- 49 *Sebastian CL, Roiser JP, Tan GCY, et al. Effects of age and MAOA genotype on the neural processing of social rejection. *Genes Brain & Behavior*, 2010, 9(6): 628–637
- 50 Turkeltaub PE, Eden GF, Jones KM, et al. Meta-Analysis of the Functional Neuroanatomy of Single-Word Reading: Method and Validation. *NeuroImage*, 2002, 16(3-part-PA): 765–780
- 51 Turkeltaub PE, Eickhoff SB, Laird AR, et al. Minimizing within-experiment and within-group effects in activation likelihood estimation meta-analyses. *Human Brain Mapping*, 2015, 33(1): 1–13
- 52 胡传鹏, 邸新, 李佳蔚, et al. 神经成像数据的元分析. *心理科学进展*, 2015, 23(7): 1118–1129
- 53 姚树桥, 张江华, 石湖清. 无意识愤怒面孔加工的脑区激活似然估计(ALE)元分析. *中国临床心理学杂志*, 2011, 19(5): 572–574
- 54 任志洪, 阮怡君, 赵庆柏, 等. 抑郁障碍和焦虑障碍治疗的神经心理机制——脑成像研究的ALE元分析. *心理学报*, 2017, 49(10): 1302–1321
- 55 Taolin C, Benjamin B, Julia C, et al. A domain-general brain network underlying emotional and cognitive interference processing: evidence from coordinate-based and functional connectivity meta-analyses. *Brain Structure and Function*, 2018
- 56 Onoda K, Okamoto Y, Nakashima K, et al. Decreased ventral anterior cingulate cortex activity is associated with reduced social pain during emotional support. *Soc Neurosci*, 2009, 4(5): 443–454
- 57 Fang Z, Zhu S, Shi H, et al. Default mode network CBF predicts individual differences in self-esteem. Unpublished Manuscript, 2015
- 58 Roberts G, Lord A, Frankland A, et al. Functional Dysconnection of the Inferior Frontal Gyrus in Young People With Bipolar Disorder or at Genetic High Risk. *Biological Psychiatry*, 2017, 81(8): 718
- 59 Pavlova, Marina A. Sex and gender affect the social brain: Beyond simplicity. *Journal of Neuroscience Research*, 2016

(收稿日期:2018-10-25)