

## Brain Functional and Structural Changes of Extraversion: Review of the MRI Researches of Extraversion

Zhilin Yang<sup>1</sup>, Xue Zhang<sup>2</sup>, Zhiling Zou<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Key Laboratory of Cognition and Personality (SWU) of Ministry of Education, Faculty of Psychology, Southwest University, Chongqing

<sup>2</sup>School of Psychology, Shaanxi Normal University, Xi'an

Email: \*[Zouzl@swu.edu.cn](mailto:Zouzl@swu.edu.cn)

Received: Dec. 24<sup>th</sup>, 2013; revised: Jan. 2<sup>nd</sup>, 2014; accepted: Jan. 6<sup>th</sup>, 2014

Copyright © 2014 Zhilin Yang 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. In accordance of the Creative Commons Attribution License all Copyrights © 2014 are reserved for Hans and the owner of the intellectual property Zhilin Yang et al. All Copyright © 2014 are guarded by law and by Hans as a guardian.

**Abstract:** With the development of brain imaging technology, the brain mechanism of personality has captured the attention of researchers for several years. In the present review, MRI researches (including task-fMRI, resting-fMRI, and structural MRI) of extroversion were summarized in order to help understand the neural mechanism of extraversion traits. In summary, extraversion was found to be highly correlated to the functional and structural changes in insula, ventral striatum, amygdala, the medial prefrontal cortex, precuneate cortex, and anterior cingulate cortex, which were referred to as the social brain network. Future researchers had better choose multiple measurements of extraversion, flexible study design with better ecological validity, and control other extra factors, such as age, gender, stimulus type, subjects' type and sample size.

**Keywords:** Extroversion; fMRI; Insula; Anterior Cingulate Cortex; Amygdala; Social Brain Network

## 外倾性在人脑功能和结构上的反映： 基于 MRI 研究的回顾

杨志林<sup>1</sup>, 张 雪<sup>2</sup>, 邹枝玲<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>西南大学心理学部, 认知与人格教育部重点实验室, 重庆

<sup>2</sup>陕西师范大学心理学院, 西安

Email: \*[Zouzl@swu.edu.cn](mailto:Zouzl@swu.edu.cn)

收稿日期: 2013 年 12 月 24 日; 修回日期: 2014 年 1 月 2 日; 录用日期: 2014 年 1 月 6 日

**摘 要:** 随着脑成像技术的不断发展, 研究者试图通过脑成像技术研究人格特质的内在神经生理机制。本文对人格的核心特质——外倾性的 MRI 研究(包括任务态的、静息的、结构的)进行回顾和总结, 以期更好地理解外倾性特质的神经机制。研究发现, 外倾性与脑岛、腹侧纹状体、杏仁核、眶额叶、楔前叶、前扣带等“社会脑网络”脑区功能或结构的改变有关。未来的研究需要综合考虑测量手段、选择恰当研究范式, 并尽可能考虑年龄、性别、实验刺激类型、被试类型、样本数量等一些因素的影响。

**关键词:** 外倾性; fMRI; 脑岛; 前扣带; 杏仁核; 社会脑网络

\*通讯作者。

## 1. 引言

早在 1913 年瑞士心理学家荣格(Jung C. G.)就将人划分为外向型和内向型(郑雪, 2007), 认为内倾或外倾的心态决定着意识活动的方向, 外向人其心理活动倾向于外部世界, 乐意参加群体活动, 善于交往, 而内向人则刚好相反。此后众多的心理学家在建构自己的人格理论时(如 Eysenck 人格理论、大五人格理论、Gray 人格理论、Cloninger 心理生物学模型等)基本上都认可外倾性(Extraversion), 被认为是人格系统的基础部分(Munafò et al., 2003, 2007; DeYoung & Gray, 2009; Carver & Connor-Smith, 2010; Kotov et al., 2010; Adelstein et al., 2011; Kennis et al., 2013)。

明确提出外倾性的人格理论主要有 McCrae & Costa 的大五人格理论(The Big Five)和 Eysenck 的人格理论(Eysenck's personality theory)。大五人格理论认为, 外向者表现热情、自信有活力, 还具有幸福感和善于交际的特性; 而 Eysenck 的人格理论认为外向者表现为外向、开朗、果断、活跃、冒险、擅长各种社会联系, 经常参加集体活动(Eysenck et al., 1975; 郑雪, 2007)。由此可见, 外倾性是一个与社会有关的人格维度, 可以描述个体在社会行为和感受敏感性之间的差异(Suslow et al., 2010)。

研究者通过行为观察、问卷调查、投射测验等多种方式对外倾性开展了深入的研究, 但是多数研究仅局限于外显行为, 没有探讨其内在神经生理机制。而磁共振成像(Magnetic Resonance Image, MRI)技术, 因其具有定位功能强、无创伤、三维成像、可重复等优点, 为外倾性的生理机制研究提供了直接、有效的方法(Eisenberger, Lieberman, & Satpute, 2005)。

随着相关的外倾性 MRI 研究增多, 作者认为有必要总结前人的研究, 试图揭示外倾性的神经生理机制。通过文献检索, 尚没有发现关于外倾性神经机制的综述类文章, 但是发现 Kennis 等人(2013)综述了人格的神经机制研究。Kennis 等人将外倾性、神经质等众多纷杂的特质统一整合在 Gray 的人格理论的框架下, 把基于各种理论的脑成像研究结果都放在该理论下进行解释。Kennis 等人主要综述任务相关的脑成像研究结果, 然而近年关于外倾性的结构的和静息的研究迅速增长, 有必要把这些研究也加以总结, 以期更全面的了解外倾性特质的神经机制。

通过探讨外倾性的内在机制, 有助于了解人格的生理机制, 为研究者进一步研究某些特殊人格提供一定的基础, 可以为临床诊断、治疗或改善这些人格特征提供重要参考。本文的目的是通过总结某些核心的特质(如外倾性)的相关研究, 试图揭示人格神经生理机制的冰山一角, 进一步探讨人格内在机制。因此本文将回顾有关外倾性的 MRI 研究(包括任务相关的研究、静息状态的研究和脑拓扑学的研究), 并提出该领域未来研究中应该注意的一些问题。

本文在文献检索时, 以外倾性(Extraversion)或人格(Personality)和脑成像技术(fMRI, Resting fMRI, Structural MRI 或 MRI)为关键词检索了 Web of Science、Science Direct、PubMed 截止到 2013 年 6 月的数据库。本文采用的标准是: 明确使用了外倾性测量问卷(如 EPQ、NEO PI-R/NEO-FFI)、采用了 MRI 技术等。排除标准包括重复报告同一批数据、综述性文章等。最后, 本文采用了共 42 篇文献, 其中涉及任务的 21 篇, 静息状态的 7 篇, 结构的 14 篇, 详见附录表 1、表 2 和表 3。下面将从这三个方面展开论述。

## 2. 任务相关的 MRI 研究

众多的研究者在进行相关的研究时, 往往先让被试填写相关的问卷, 如 EPQ、NEO PI-R/NEO-FFI 等, 然后记录在扫描 MRI 时被试完成某个认知任务时脑部的激活状况, 最后求出脑部的激活状况与外倾性得分之间相关关系。接下来将论述外倾性与任务有关的 MRI 的研究结果。

### 1) 脑岛(Insula)

Tamura 等(2012)让被试观看一些危险行为的视频, 发现危险行为诱发的脑岛活动与外倾性呈正相关, 而 Brühl 等(2011)发现, 当预期未知性质图片(而不是预期消极或积极图片)时脑岛的活动与外倾性同样存在正相关。以幽默漫画图片为材料, Mobbs 等(2005)也发现脑岛的活动与外倾性呈正相关。Kehoe 等(2012)也发现, 外向的女性在评价图片唤醒程度时, 右侧脑岛的活动更强烈。

但是 Terasawa 等(2013)和 Hooker 等(2008)却发现了不一致的结论。Terasawa 等(2013)发现被试在评价自己的情绪和身体状态时, 前侧脑岛的活动与外倾性

有显著的负相关。Hooker 等(2008)也发现了外倾性与后侧脑岛活动的负相关。这些看似不一致的结论可能是由于加工任务不同导致。

## 2) 腹侧纹状体(Ventral Striatum)

Hutcherson 等(2008)以电影为材料,发现外向者在观看伤感电影时,腹侧纹状体的活动更弱,而内向者的活动则更强。Schaefer, Knuth, & Rumper (2011)发现,奖赏刺激引起的腹侧纹状体的激活程度与外倾性显著地负相关,即内向的人在观看自己最喜欢的巧克力品牌时腹侧纹状体的激活程度更高,腹侧纹状体与外倾性之间的负相关,或许反映了外向者和内向者之间的区别。腹侧纹状体是脑部奖励机制的关键部位,会释放神经递质比如多巴胺,激励个体的行为,帮助个体学习哪种行为是更有利的、更有优势的,并且还鼓励其选择可能有利的选项(Wittmann, Daw, Seymour & Dolan, 2008)。基于此,我们或许可以推测,内向者相比外向者而言对奖励和惩罚更敏感,因此腹侧纹状体反应更强烈。

## 3) 杏仁核(Amygdala)

不少研究发现积极刺激条件下杏仁核活动与外倾性之间有关,但是相关的方向却不一致(Canli et al., 2001, 2002; Cohen et al., 2005; Hooker et al., 2008)。比如,Canli 等先后在 2001 年和 2002 年分别以情绪图片和情绪面孔为材料,均发现积极情绪下外倾性特质与杏仁核活动正相关,即外向者在积极情绪下杏仁核的活动更强烈。但是 Cohen 等(2005)以奖赏任务也发现外倾性与杏仁核活动之间呈负相关。Hooker 等 (2008)同样也发现在习得愉悦面孔的过程中,杏仁核的活动与外倾性负相关。

不仅是积极情绪刺激条件,最近的一项研究还发现消极刺激条件杏仁核活动与外倾性也有关联, Park 等(2013)以音乐为实验材料,结果发现,相对于轻松的音乐,惊悚的音乐引起外向者的右侧杏仁核的活动较弱,而内向者的活动较强。

## 4) 眶额叶(Orbitofrontal Cortex, OFC)

Cohen 等(2005)发现在获得奖赏时, OFC 活动与外倾性特质负相关,此后 Hooker 等(2008)也发现了,愉悦物体引起的眶额叶、额中回、额下回等脑区激活与外倾性负相关。但是 Mobbs 等(2005)用幽默漫画为材料的研究则发现 OFC 活动与外倾性呈正相关,

同时还发现前额叶、额下回的活动与外倾性呈正相关。

## 5) 前扣带(Anterior Cingulate Cortex, ACC)

Kumari 等(2004)用工作记忆范式发现前扣带、背外侧前额叶的激活与外倾性正相关。Canli 等(2001)和 Haas 等(2006)分别以情绪图片和情绪词汇为材料,发现积极图片和积极词汇诱发的前扣带的活动与外倾性正相关。

但同时,也有研究发现了前扣带和外倾性之间的负相关关系(Gray et al., 2005; Eisenberger et al., 2005; Hooker et al., 2008; Frühholz et al., 2010)。

## 6) 楔前叶(Precuneus Cortex)

Tamura 等(2012)研究发现与内向者相比,外向者在冒险行为诱发的楔前叶活动更强烈。也有一些研究发现了消极情绪刺激条件下楔前叶的活动与外倾性之间的正相关关系(Brühl et al., 2011; Hooker et al., 2008; Tamura et al., 2012)。

## 7) 其他脑区

有研究发现,外倾性与某些皮下核团组织的活动有关,如苍白核(Globus Pallidus)、尾状核(Caudate Nucleus)、壳核(Putamen)、伏隔核(Nucleus Accumbens)等(Canli et al., 2001; Cohen et al., 2005; Hooker et al., 2008; Hutcherson et al., 2008; Suslow et al., 2010)。另外,丘脑(Brühl et al., 2011; Suslow et al., 2010)、顶下小叶(Brühl et al., 2011)、梭状回(Brühl et al., 2011; Hooker et al., 2008; Suslow et al., 2010)、颞叶(Canli et al., 2001; Hooker et al., 2008; Suslow et al., 2010)、后侧海马(Hooker et al., 2008)等也被发现与外倾性有关。但是以上研究的结果却难以得到一致的结论,还需要未来更多、更细致的研究加以检验。

## 8) 小结

通过总结前人的相关研究,我们发现与外倾性任务状态下相关的脑区主要包括:脑岛、腹侧纹状体、杏仁核、眶额叶、楔前叶、前扣带等。但是,这些脑区的功能或结构与外倾性之间的关系绝不是简单的正相关或是负相关,而是在不同任务、不同人群中有不同的反映。

与内向者相比,在积极图片(Brühl et al., 2011; Canli et al., 2001;)、愉悦表情(Canli et al., 2002; Hooker et al., 2008)、积极词汇(Canli et al., 2004; Haas et al.,

2006)、喜剧电影(Hutcherson et al., 2008)、幽默漫画(Mobbs et al., 2005)、轻松音乐(Park et al., 2013)等正性材料的加工过程中,外向者的杏仁核(Canli et al., 2001, 2002; Park et al., 2013)、前扣带(Canli et al., 2001; Haas et al., 2006)、眶额叶(Mobbs et al., 2005)等区域活动更强烈;而在加工消极面孔(Frühholz et al., 2010; Suslow et al., 2010)、伤感电影(Hutcherson et al., 2008)、惊悚音乐(Park et al., 2013)等负性刺激时,内向者的前扣带(Frühholz et al., 2010)、腹侧纹状体(Hutcherson et al., 2008)、右侧杏仁核(Park et al., 2013)、丘脑(Suslow et al., 2010)等活动明显。众多研究似乎说明外向者更倾向于加工积极的、正性的刺激,而内向者则善于加工负性的、消极的刺激。

这一结果与特质一致性假设(Trait-congruency Hypothesis)相似。特质一致性假设认为个体的认知方向与特定的人格特质一致,即人格特质导致个体倾向于加工与其特质一致的信息,如外向者倾向于加工积极的、正性的刺激,而内向者则相反(Westmaas, Ferrence, & Wild, 2006; Tafarodi et al., 1998, 2003; Rusting et al., 1998)。该假设认为相似的刺激被存放在一起的,形成了一个网络或图式,当激活其中的一个刺激,随之会激活整个网络或者图式。由于外向者对正性的、积极地刺激更敏感,因此往往会激活相关的行为图式,从而使外向者选择加工正性的、积极地刺激。而内向者则相反。

但是也有的研究则不支持这一点。Schaefer 等(2011)在观看自己最喜爱的巧克力品牌的图片时,内向者的腹侧纹状体的活动更强。此前也有人研究发现在加工愉悦面孔(Frühholz et al., 2010; Hooker et al., 2008; Suslow et al., 2010)、幽默漫画(Mobbs et al., 2005)、获得奖励时(Cohen et al., 2005),内向者的前扣带回(Frühholz et al., 2010)、杏仁核(Hooker et al., 2008; Cohen et al., 2005; Mobbs et al., 2005)、丘脑(Brühl et al., 2011; Suslow et al., 2010)等活动更强烈。

这似乎说明外倾性与各个脑区之间的关系比较复杂,不仅仅是受材料刺激的情绪效价的影响,还取决于对这些材料的具体的加工过程。如许多研究均采用了情绪面孔为实验刺激,由于任务的不同导致了最终结果的差异,例如,Frühholz 等(2010)采用了情绪面孔 Stroop 范式的变式,Hooker 等(2008)研究任务则

是情绪面孔的学习和再认,而 Canli 等(2002)则要求被试观看情绪面孔。

此外,还有一个潜在的问题,大部分认知任务与情绪相关,因此外倾性相关的区域与神经质(被认为与情绪有紧密的关系)相关的区域在一定程度上重合。如 Schaefer 等(2011)以喜爱的巧克力品牌,要求被试评价对自己的吸引力,结果发现喜爱的品牌引起了腹侧纹状体的活动,与外倾性、神经质均存在相关关系。还有研究发现外倾性、神经质与前侧脑岛(Terasawa et al., 2013)、眶额叶(Mobbs et al., 2005)都存在相关关系。因此想探查真正与外倾性直接关联的脑区,还需要更加针对性的任务。

### 3. 静息状态下的 MRI 研究

外倾性特质具有相对稳定性,是个体长期的行为模式,那么即使没有任何外显的行为,个体的这种内向或外向的差异或许也可以被观察到。近年来研究者开始采用静息态磁共振技术(Resting-state fMRI, R-fMRI)考察外倾性特质的内在机制。有研究者认为 R-fMRI 是一种研究神经生理机制更方便、更有效的手段(Adelstein, et al., 2011; Kunisato, et al., 2011; Wei, et al., 2011, 2012)。在相关的 R-fMRI 研究中,用来刻画大脑活动状态的常用指标包括:静息状态时的功能连接强度(Resting-State Functional Connectivity, RSFC)、低频波动振幅(Amplitude of Low Frequency, ALFF)、局部一致性(Regional Homogeneity, ReHo)、中介中心度(Betweenness Centrality, BC)、长时记忆指数(Hurst Exponent)等。

Wei 等人(2011)发现静息状态下,脑岛的 ReHo 值与外倾性正相关,即外向者脑岛的 ReHo 值更大。而最近的一项研究则发现与内向者相比,外向者右侧脑岛的 BC 值更大(Wei et al., 2011)。

许多研究发现,外倾性与静息状态下前额叶的各种指标存在密切关系,但是研究结论不统一。Kunisato 等(2011)和 Wei 等(2012)先后发现外倾性与楔前叶的 ALFF 值正相关。但是也有研究发现了不同的结论。Lei, Zhao, & Chen(2013)发现默认网络(Default Mode Network, DMN)的重要组成部分——内侧前额叶(Medial Prefrontal Cortex, MPFC)、楔前叶,负责外倾性的编码,越内向的人, H 指数越大,即说明越内向

的人 DMN 的活动记忆性越大。也有人分别发现内侧前额叶的 ReHo(Wei et al., 2011)、楔前叶和外侧边缘脑区之间的 RSFC(Adelstein et al., 2011)与外倾性特质负相关。

外倾性与前扣带的关系也出现了各个研究结论不一致的现象。在静息状态下,有研究者发现外向者前扣带的脑血流量更强(Kumari et al., 2004)、ReHo 值更大(Wei et al., 2011)。但是 Lei 等(2013)却发现内向者的前扣带 H 指数最大。研究结果不一致,与研究的被试数量、静息态指标等因素有关。如 Wei 等人的研究对象是 87 名健康者,而 Lei 等人的研究被试数量仅为 20 人,由于人在静息状态下的脑部信号较小,那么被试的数量可能就会对最后的结果产生重要的影响。

由上面的阐述可以说明外倾性的脑岛、前扣带、眶额叶、楔前叶的静息状态下各种指标存在某种关系,但是研究相对较少,而且结果不统一。这或许与目前关于 R-fMRI 的研究现状有关。首先,随着 R-fMRI 技术的快速发展,先后出现了各种研究指标,然而每个指标都有其弱点和缺陷,目前缺乏一个健全的、广泛使用的研究指标。其次,人在静息状态下,大脑各部分的活动不稳定,这就导致了研究结果的可重复性差。

#### 4. 脑拓扑学的结构成像研究

虽然在 R-fMRI 研究中,不需要被试完成任何任务,但是其研究结果依然反映大脑的功能性特征。许多研究表明,不但大脑功能的变化与外倾性有关,而且脑的结构性变异可能也与外倾性有关。

眶额叶的皮层厚度、灰质体积或许与外倾性有紧密关系。Rauch 等(2005)发现相比内向者而言,外向者的内侧眶额皮层厚度更大。DeYoung 等(2010)和 Cremers 等(2011)先后发现眶额叶灰质体积与外倾性存在显著地正相关。但是 Wright 等(2006)的研究却发现眶额叶皮层厚度与外倾性有负相关关系。出现这样的差异或许是因为研究者考察的是不同部位的眶额叶,Rauch 探讨的是内侧眶额叶,而 Wright 考察的是整个眶额叶。

额中回也被发现与外倾性有关。Wright 等(2007)发现外向者的额中回和额上回的皮层厚度更厚,但是 Blankstein 等(2009)发现额中回与外倾性之间的关系

有性别差异,男性的额中回的灰质体积与外倾性正相关,但是女性则正好相反,呈负相关,该研究再一次提示,性别是一个重要的影响因素。而 Bjørnebekk 等(2013)的研究发现额下回皮层厚度与外倾性负相关。

此外,还有研究发现外向者的杏仁核体积更大(Cremers et al., 2011)、前扣带灰质体积更大(Cremers et al., 2011; Mahoney et al., 2011)、前额叶灰质体积更大(Mahoney et al., 2011)。

另外研究发现外倾性与大脑两半球灰质体积比(VHRs, volumetric hemispheric ratios)呈正相关,外向者的 VHRs 更高,而内向者则相反(Montag et al., 2013)。一项 DTI 的相关研究则发现了右半球的钩束与外倾性之间的正相关关系(McIntosh et al., 2012)。

总之,外倾性与眶额叶、杏仁核、前扣带等区域的结构性变异相关。但是各个研究结果或许存在某些差异,研究结论也不一致,甚至有的研究发现外倾性与脑部灰质体积没有任何相关(Liu et al., 2013),这或许与被试性别、被试类型(各种病人、健康人)等因素导致的。例如,Wright 等人(2006)以 28 名正常被试为研究对象,发现外向者的梭状回皮层厚度更低;而 Onitsuka 等人(2005)发现男精神分裂症病人的外倾性与梭状回灰质体积正相关;而也有一项大样本的(N = 227)、以健康人为对象的研究,则发现外倾性与梭状回灰质体积、甚至其他脑区的灰质体积没有任何相关(Liu et al., 2013)。

#### 5. 总结与展望

通过前面的文献回顾不难发现,外倾性特质与大脑某些脑区的功能和结构有着密不可分的联系,涉及的脑区主要包括:脑岛、腹侧纹状体、杏仁核、眶额叶、楔前叶、前扣带等,这些区域可以称之为“社会脑网络”(Social-network, SN),主要负责社会交互、人际交往等(Wheatley et al., 2007; Grafton et al., 2009; Juan et al, 2013)。“社会脑”的功能和结构特点或许是外倾性的神经基础。外倾性是一个与社会有密切关系的人格维度,外向者通常表现为自信有活力、擅长各种社会联系,经常参加集体活动。而“社会脑网络”主要就是负责人际交往和处理人际关系。可见理论上外倾性与“社会脑网络”存在密切的关系,而通过前人的系列研究也证实了这一点。

SN 属于新皮层，在加工社会刺激时会激活 (Grafton et al., 2009)，主要包括脑岛、mPFC、前扣带、杏仁核等等 (Adolphs et al., 2001; Frith & Frith et al., 1999)。这些脑区的活动与个体生物性运动、内在性人格、情绪体验等有密切的联系 (Allison et al., 2000; Anderson & Phelps, 2001; Mitchell et al., 2002; Phelps et al., 2004; Saxe et al., 2004; Wheatley et al., 2007)。

脑岛被认为是社会情绪的重要加工区域，参与了厌恶、害怕等一系列社会情绪的加工过程，负责将情绪反应转化为情感体验 (Morris, 2002)。特质一致性假设认为内向者倾向于加工负性的、消极地刺激，似乎说明内向者与脑岛的关系更密切，Terasawa 等 (2013) 和 Hooker 等 (2008) 的研究也证实了这一点。但是更多的研究则发现了相反的结论 (Tamura et al., 2012; Brühl et al., 2011; Kehoe et al., 2012; Wei et al., 2011; Gao et al., 2013; Mobbs et al., 2005)，这似乎说明特质一致性假设仅在一定的条件下成立。

前额叶是执行控制系统的重要部分，对社会认知和社会情绪也有重要作用。前额皮层受损可能会导致计划性、决策能力、判断能力等下降。许多外倾性的脑成像研究均发现，外向者的背外侧前额叶活动更明显 (Gioia et al., 2009; Eisenberger et al., 2005; Kumari et al., 2004)、灰质体积更大 (Mahoney et al., 2011)，同时还发现外向者的眶额叶皮层活动更强 (Mobbs et al., 2005)、灰质体积更大 (Cremers et al., 2011; DeYoung et al., 2010b)、皮层厚度更厚 (Rauch et al., 2005)。这似乎说明外向者的执行控制能力更强，与前额叶关系更密切。

杏仁核被认为是社会情绪加工的核心区域，同时也是中脑边缘奖赏环路 (mesolimbic pathway) 的重要结构。社会刺激通过杏仁核引发情绪反应，进而引起大脑神经递质的变化，从而产生应答社会刺激的行为。神经影像学研究表明，在加工积极刺激 (如正性图片、愉悦表情等) 时，外倾性与杏仁核的活动正相关 (Canli et al., 2001, 2002)；但是也有研究发现两者负相关 (Park et al., 2013; Cohen et al., 2005; Hooker et al., 2008)。产生这一矛盾结论的原因可能是不同的研究者测量了杏仁核不同的部位，根据不同的细胞类型，将杏仁核分为外侧核 (Lateral Nuclei)、基底核 (Basal Nuclei) 和附属基底核 (Accessory Basal Nuclei) 三部分

(Davis et al., 2001)，而这些不同的核团的作用差异较大，具体哪些核团参与社会情绪的加工，哪些参与社会认知的加工，具体的作用是什么，仍是未知的谜团，需要进一步研究。

伏隔核是腹侧纹状体的组成部分，而伏隔核则是中脑边缘多巴胺系统的核心脑区，在奖赏过程中发挥重要作用。一些研究也发现了外倾性与腹侧纹状体 (伏隔核) 之间的关系。Cohen 等 (2005) 发现外向者在获得奖赏时，伏隔核的活动更小。此外 Schaefer 等 (2011) 也发现观看自己喜爱的巧克力品牌图片时，外向者腹侧纹状体的活动也较小。这似乎说明内向者对奖赏刺激更敏感，更容易关注到奖赏刺激。

通过这些实证性的结果，使得我们重新认识外倾性的内在机制。早前 Eysenck 和 DeYoung & Gray (2009, 2010) 分别对外倾性提出了自己的生物学理论。Eysenck 认为网状激活系统是外倾性的生理机制，外向者、内向者不同的皮层激活唤醒水平导致了他们对待社会刺激时的不同反应 (郑雪, 2007)。而 DeYoung & Gray 在总结自己及前人的研究基础上，提出的大五人格理论的生物学模型，认为外倾性与伏隔核、眶额叶等与奖赏有关的脑区存在相关 (DeYoung et al., 2009, 2010)。总结前人的研究发现，外倾性不仅与奖赏机制有关，还与执行控制、社会情绪加工等机制有关，外倾性的内在生理机制是复杂的、综合性的集合体。

虽然目前关于外倾性特质的 MRI 研究已经获得很多有益的结果和发现，但是结果之间的一致性较差，如何理解、统合现有的研究成果可能需要较长的时间来完成。同时，反映在这些研究中的一些问题值得未来的研究者予以考虑。

首先，扩展外倾性的测量手段。外倾性特质的测量可以通过行为观察、实验任务、问卷、投射测验等多种方式进行，但是在成像研究中，基本上所有的研究都是采用自评式问卷测量外倾性特质。自评式问卷，因其操作简便、便于处理结果的等优点，被认为是测量人格的最直接的方法 (Suslow et al., 2010)，同时在相关的研究中大量应用。但是问卷方式由于需要被试自行作答，被试的态度、社会期望效应等因素或许会影响最终的结果。因此有的研究者也采用其他的方法测量外倾性，如自由联想测验 (The Implicit Association Test, IAT) (Steffens & Schulze König, 2006)。IAT 被认

为是内隐的测量外倾性特质，通常有很强可靠性和正确率，是用来测量个体差异必要的手段(Greenwald & Nosek, 2001; Egloff & Schmukle, 2002)。然而，采用 IAT 方式测量外倾性的 MRI 研究非常少见，因此在未来的相关研究中，应该加强此方式的应用。

第二，设计恰当的实验的研究范式。在外倾性的相关任务研究中，几乎所有的实验任务均来自或改编现有认知实验中的范式，如情绪相关任务(如评价图片的情绪效价和情绪唤醒度等)、记忆任务(N-back、工作记忆等)、抑制任务(Go/NoGo、Oddball 等)，但是这些认知任务的目的之间的差异较大，且任务本身与外倾性特质没有多大关联，那么在研究外倾性特质时为什么选用这些认知任务，不同的任务是如何体现外倾性特质的等。这些问题以前的研究者没有进行深刻的研究。因此，我们应持有谨慎态度对待得到的结果。在未来的研究中，应该注意实验范式的选择问题。

在任务相关的研究范式中，存在不容忽视的缺陷，如实验者需要较强的心理学背景；临床应用不佳，特殊病人无法完成；难以控制基线；结论受实验设计的影响大等等。同时即使设计了非常巧妙的实验任务，这也许只是了解外倾性生理机制的冰山一角而已。

第三，控制各种可能的干扰因素。已有的研究已经发现，外倾性与脑功能或结构的关系或许并不像我们想象的那么简单，有许多额外的因素干扰会影响外倾性与脑部活动之间的关系，如年龄、性别、实验刺激类型、被试类型、样本数量等。

1) 年龄：正如俗话说，“三岁看小，七岁看老”，人格具有很高的跨时间一致性(许淑莲, 1987; 林崇德, 1995)。然而大脑形态在不同的年龄阶段存在差异(林崇德, 1995; Wright et al., 2007)，那么人格的稳定性和大脑的可塑性如何统一起来的，这是一个非常值得探索的问题。Wright 等(2007)进行了有益的尝试，他们发现随着年龄的变化，人格特质与脑区之间的关系是不断发生变化的，年龄调节着人格特质与前额叶之间的关系。然而遗憾的是，从发展的角度开展的相关研究非常罕见，未来希望应该加强和重视。

2) 实验刺激类型：在任务相关的研究中，研究者采用的实验刺激有情绪图片、面孔、词汇、疼痛、音像资料(电影、音乐等)等等，然而由于自身的差异，外向者和内向者或许本身对这些刺激的加工就存在

差异，同样数量的刺激或许会使得内向者疲惫不堪。因此可以采用幽默或有趣的刺激使被试放松，从而产生较低程度的唤醒，这可能有利于内向者对视觉刺激产生更大的大脑活动。

3) 被试样本数量：Liu 等(2013)进行了一项大样本的研究，采集了 227 名被试的脑结构影像，结果发现外倾性与脑部灰质没有任何关联。这与前人的很多研究都不一致，其原因大约是与样本数量有关，前人研究的样本数量一般较少(Omura et al., 2005; Onitsuka et al., 2005; Wright et al., 2006, 2007; Jackson et al., 2011; Schutter et al., 2012)。因此样本数量也是影响最终结果的重要因素。

总之，未来的研究需要综合考虑测量手段、研究范式等因素，还要考虑到年龄、性别、实验刺激类型、被试类型、样本数量等额外因素的影响。

## 项目基金

本研究得到中央高校基本科研业务费(项目编号: swu1009104)和西南大学 211 工程国家重点学科(项目编号: TR201203-4)资助。

## 参考文献 (References)

- Gazzaniga, M. S., Ivry, R. B., & Mangun, G. R., 著, 周晓林, 高定国等, 译(2011). 认知神经科学——关于心智的生物学 (3 Ed.). 北京: 中国轻工业出版社.
- 林崇德(1995). *发展心理学*. 北京: 人民教育出版社.
- 郑雪(2007). *人格心理学*. 广州: 暨南大学出版社.
- Adelstein, J. S., Shehzad, Z., Mennes, M., De Young, C. G., Zuo, X.-N., Kelly, C., Margulies, D. S., Bloomfield, A., Gray, J. R., & Castellanos, F. X. (2011). Personality is reflected in the brain's intrinsic functional architecture. *PLoS One*, 6, e27633.
- Bienvenu, O., Hetteama, J., Neale, M., Prescott, C., & Kendler, K. (2007). Low extraversion and high neuroticism as indices of genetic and environmental risk for social phobia, agoraphobia, and animal phobia. *American Journal of Psychiatry*, 164, 1714-1721.
- Bjørnebekk, A., Fjell, A. M., Walhovd, K. B., Grydeland, H., Torgersen, S., & Westlye, L. T. (2013). Neuronal correlates of the five factor model (FFM) of human personality: Multimodal imaging in a large healthy sample. *NeuroImage*, 65, 194-208.
- Blankstein, U., Chen, J. Y. W., Mincic, A. M., McGrath, P. A., & Davis, K. D. (2009). The complex minds of teenagers: Neuroanatomy of personality differs between sexes. *Neuropsychologia*, 47, 599-603.
- Brück, C., Kreifelts, B., Kaza, E., Lotze, M., & Wildgruber, D. (2011). Impact of personality on the cerebral processing of emotional prosody. *NeuroImage*, 58, 259-268.
- Brassen, S., Gamer, M., & Büchel, C. (2011). Anterior cingulate activation is related to a positivity bias and emotional stability in successful aging. *Biological Psychiatry*, 70, 131-137.
- Britton, J. C., Ho, S.-H., Taylor, S. F., & Liberzon, I. (2007). Neuroticism associated with neural activation patterns to positive stimuli. *Psychiatry Research: Neuroimaging*, 156, 263-267.
- Brühl, A. B., Viebke, M.-C., Baumgartner, T., Kaffenberger, T., & Her-

- wig, U. (2011). Neural correlates of personality dimensions and affective measures during the anticipation of emotional stimuli. *Brain Imaging and Behavior*, 5, 86-96.
- Bush, G., Luu, P., & Posner, M. I. (2000). Cognitive and emotional influences in anterior cingulate cortex. *Trends in Cognitive Sciences*, 4, 215-222.
- Canli, T., Amin, Z., Haas, B., & Omura, K. (2004). A double dissociation between mood states and personality traits in the anterior cingulate. *Behavior Neuroscience*, 118, 897-904.
- Canli, T., Sivers, H., Whitfield, S. L., Gotlib, I. H., & Gabrieli, J. D. E. (2002). Amygdala response to happy faces as a function of extraversion. *Science*, 296, 2191.
- Canli, T., Zhao, Z., Desmond, J. E., & Kang, E. (2001). An fMRI study of personality influences on brain reactivity to emotional stimuli. *Behavioral Neuroscience*, 115, 33-42.
- Carver, C. S., & Connor-Smith, J. (2010). Personality and coping. *Annual Review of Psychology*, 61, 679-704.
- Chan, S. W. Y., Norbury, R., Goodwin, G. M., & Harmer, C. J. (2009). Risk for depression and neural responses to fearful facial expressions of emotion. *The British Journal of Psychiatry*, 194, 139-145.
- Chen, J. Y.-W., Blankstein, U., Diamant, N. E., & Davis, K. D. (2011). White matter abnormalities in irritable bowel syndrome and relation to individual factors. *Brain Research*, 1392, 121-131.
- Coen, S. J., Kano, M., Farmer, A. D., Kumari, V., Giampietro, V., Brammer, M., Williams, S. C. R., & Aziz, Q. (2011). Neuroticism influences brain activity during the experience of visceral pain. *Gastroenterology*, 141, 909-917.
- Cohen, M. X., Young, J., Baek, J.-M., Kessler, C., & Ranganath, C. (2005). Individual differences in extraversion and dopamine genetics predict neural reward responses. *Cognitive Brain Research*, 25, 851-861.
- Cremers, H. R., Demenescu, L. R., Aleman, A., Renken, R., Van Tol, M.-J., Van Der Wee, N. J. A., Veltman, D. J., & Roelofs, K. (2010). Neuroticism modulates amygdala-prefrontal connectivity in response to negative emotional facial expressions. *Neuroimage*, 49, 963-970.
- Cremers, H., van Tol, M.-J., Roelofs, K., Aleman, A., Zitman, F. G., van Buchem, M. A., Veltman, D. J., & van der Wee, N. J. A. (2011). Extraversion is linked to volume of the orbitofrontal cortex and amygdala. *PLoS One*, 6, e28421.
- Cunningham, W. A., Arbuckle, N. L., Jahn, A., Mowrer, S. M., & Abduljalil, A. M. (2011). Reprint of aspects of neuroticism and the amygdala: Chronic tuning from motivational styles. *Neuropsychologia*, 49, 657-662.
- Davis, M., & Whalen, P. J. (2001). The amygdala: Vigilance and emotion. *Molecular Psychiatry*, 6, 13-34.
- De Young, C. G. (2010). Personality neuroscience and the biology of traits. *Social and Personality Psychology Compass*, 4, 1165-1180.
- De Young, C. G., & Gray, J. R. (2009). Personality neuroscience: Explaining individual differences in affect, behavior, and cognition. *The Cambridge Handbook of Personality Psychology*, 323-346.
- De Young, C. G., Hirsh, J. B., Shane, M. S., Papademetris, X., Rajeevan, N., & Gray, J. R. (2010b). Testing predictions from personality neuroscience brain structure and the big five. *Psychological Science*, 21, 820-828.
- Drabant, E. M., Kuo, J. R., Ramel, W., Blechert, J., Edge, M. D., Cooper, J. R., Goldin, P. R., Hariri, A. R., & Gross, J. J. (2011). Experiential, autonomic, and neural responses during threat anticipation vary as a function of threat intensity and neuroticism. *Neuroimage*, 55, 401-410.
- Egloff, B., & Schmukle, S. C. (2002). Predictive validity of an Implicit Association Test for assessing anxiety. *Journal of Personality and Social Psychology*, 83, 1441-1455.
- Eisenberger, N. I., Lieberman, M. D., & Satpute, A. B. (2005). Personality from a controlled processing perspective: An fMRI study of neuroticism, extraversion, and self-consciousness. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, 5, 169-181.
- Frühholz, S., Prinz, M., & Herrmann, M. (2010). Affect-related personality traits and contextual interference processing during perception of facial affect. *Neuroscience Letters*, 469, 260-264.
- Fujiwara, J., Tobler, P. N., Taira, M., Iijima, T., & Tsutsui, K. (2008). Personality-dependent dissociation of absolute and relative loss processing in orbitofrontal cortex. *European Journal of Neuroscience*, 27, 1547-1552.
- Gao, Q., Xu, J. S., Duan, X. J., Liao, W., Ding, J. R., Zhang, W. H., Li, Y., Lu, G. M., & Chen, H. F. (2013). Extraversion and neuroticism relate to topological properties of resting-state brain networks. *Frontiers in Human Neuroscience*, 7, 1-14.
- Gioia, M. C., Cerasa, A., Valentino, P., Fera, F., Nisticò, R., Liguori, M., Lanza, P., & Quattrone, A. (2009). Neurofunctional correlates of personality traits in relapsing-remitting multiple sclerosis: An fMRI study. *Brain and Cognition*, 71, 320-327.
- Grafton, S. T. (2009). Embodied cognition and the simulation of action to understand others. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1156, 97-117.
- Gray, J. R., Burgess, G. C., Schaefer, A., Yarkoni, T., Larsen, R. J., & Braver, T. S. (2005). Affective personality differences in neural processing efficiency confirmed using fMRI. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, 5, 182-190.
- Greenwald, A. G., & Nosek, B. A. (2001). Health of the implicit association test at age 3. *Zeitschrift für Experimentelle Psychologie*, 48, 85-93.
- Haas, B. W., Constable, R. T., & Canli, T. (2008). Stop the sadness: Neuroticism is associated with sustained medial prefrontal cortex response to emotional facial expressions. *Neuroimage*, 42, 385.
- Haas, B. W., Omura, K., Amin, Z., Constable, R. T., & Canli, T. (2006). Functional connectivity with the anterior cingulate is associated with extraversion during the emotional Stroop task. *Social Neuroscience*, 1, 16-24.
- Hahn, T., Dresler, T., Pyka, M., Notebaert, K., & Fallgatter, A. J. (2013). Local synchronization of resting-state dynamics encodes gray's trait anxiety. *PLoS One*, 8, e83336.
- Harenski, C. L., Kim, S. H., & Hamann, S. (2009). Neuroticism and psychopathy predict brain activation during moral and nonmoral emotion regulation. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, 9, 1-15.
- Hayano, F., Nakamura, M., Asami, T., Uehara, K., Yoshida, T., Roppongi, T., Otsuka, T., Inoue, T., & Hirayasu, Y. (2009). Smaller amygdala is associated with anxiety in patients with panic disorder. *Psychiatry and Clinical Neuroscience*, 63, 266-276.
- Hooker, C. I., Verosky, S. C., Miyakawa, A., Knight, R. T., & D'Esposito, M. (2008). The influence of personality on neural mechanisms of observational fear and reward learning. *Neuropsychologia*, 46, 2709-2724.
- Hutcherson, C. A., Goldin, P. R., Ramel, W., McRae, K., & Gross, J. J. (2008). Attention and emotion influence the relationship between extraversion and neural response. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 3, 71-79.
- Jackson, J., Balota, D. A., & Head, D. (2011). Exploring the relationship between personality and regional brain volume in healthy aging. *Neurobiology of Aging*, 32, 2162-2171.
- Jimura, K., Konishi, S., Asari, T., & Miyashita, Y. (2010). Temporal pole activity during understanding other persons' mental states correlates with neuroticism trait. *Brain Research*, 1328, 104-112.
- Jimura, K., Konishi, S., & Miyashita, Y. (2009). Temporal pole activity during perception of sad faces, but not happy faces, correlates with neuroticism trait. *Neuroscience Letters*, 453, 45-48.
- Juan, E., Frum, C., Bianchi-Demicheli, F., Wang, Y.-W., Lewis, J. W., & Cacioppo, S. (2013). Beyond human intentions and emotions. *Frontiers in Human Neuroscience*, 7, 1-14.
- Kanske, P., & Kotz, S. A. (2011). Emotion triggers executive attention: Anterior cingulate cortex and amygdala responses to emotional words in a conflict task. *Human Brain Mapping*, 32, 198-208.
- Kehoe, E. G., Toomey, J. M., Balsters, J. H., & Bokde, A. L. W. (2012). Personality modulates the effects of emotional arousal and valence on brain activation. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 7, 858-870.
- Keightley, M.L., Seminowicz, D.A., Bagby, R.M., Costa, P.T., Fossati, P., & Mayberg, H.S. (2003). Personality influences limbic-cortical interactions during sad mood induction. *Neuroimage*, 20(4), 2031-2039.
- Kennis, M., Rademaker, A. R., & Geuze, E. (2013). Neural correlates of personality: An integrative review. *Neuroscience & Biobehavioral*



- Reviews*, 37, 73-95.
- Kotov, R., Gamez, W., Schmidt, F., & Watson, D. (2010). Linking "big" personality traits to anxiety, depressive, and substance use disorders: A meta-analysis. *Psychological Bulletin*, 136, 768-821.
- Kumari, V., Das, M., Wilson, G. D., Goswami, S., & Sharma, T. (2007). Neuroticism and brain responses to anticipatory fear. *Behavioral Neuroscience*, 121, 643-652.
- Kumari, V., ffytche, D. H., Williams, S. C. R., & Gray, J. A. (2004). Personality predicts brain responses to cognitive demands. *The Journal of Neuroscience*, 24, 10636-10641.
- Kunisato, Y., Okamoto, Y., Okada, G., Aoyama, S., Nishiyama, Y., Onoda, K., & Yamawaki, S. (2011). Personality traits and the amplitude of spontaneous low-frequency oscillations during resting state. *Neuroscience Letters*, 492, 109-113.
- Lei, X., Zhao, Z. Y., & Chen, H. (2013). Extraversion is encoded by scale-free dynamics of default mode network. *NeuroImage*, 74, 52-57.
- Liu, W.-Y., Weber, B., Reuter, M., Markett, S., Chu, W.-C., & Montag, C. (2013). The big five of personality and structural imaging revisited: A VBM-DARTEL study. *Neuroreport*, 24, 375-380.
- Lucas, R. E., Diener, Ed., Grob, A., Suh, E. M., & Shao, L. (2000). Cross-cultural evidence for the fundamental features of extraversion. *Journal of Personality and Social Psychology*, 79, 452-468.
- Mahoney, C. J., Rohrer, J. D., Omar, R., Rossor, M. N., & Warren, J. D. (2011). Neuroanatomical profiles of personality change in fronto-temporal lobar degeneration. *The British Journal of Psychiatry*, 198, 365-372.
- McCrae, R. R., & Costa, P. T. (1987). Validation of the five-factor model of personality across instruments and observers. *Journal of Personality and Social Psychology*, 52, 81-90.
- McIntosh, A. M., Bastin, M. E., Luciano, M., Maniega, S. M., Hernandez, M. del C. V., Royle, N. A., Hall, J., Murray, C., Lawrie, S. M., Starr, J. M., Wardlaw, J. M., & Deary, I. J. (2013). Neuroticism, depressive symptoms and white-matter integrity in the Lothian Birth Cohort 1936. *Psychological Medicine*, 43, 1197-1206.
- Moayed, M., Weissman-Fogel, I., Crawley, A. P., Goldberg, M. B., Freeman, B. V., Tenenbaum, H. C., & Davis, K. D. (2011). Contribution of chronic pain and neuroticism to abnormal forebrain gray matter in patients with temporomandibular disorder. *NeuroImage*, 55, 277-286.
- Mobbs, D., Hagan, C. C., Azim, E., Menon, V., & Reiss, A. L. (2005). Personality predicts activity in reward and emotional regions associated with humor. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 102, 16502-16506.
- Montag, C., Schoene-Bake, J.-C., Wagner, J., Reuter, M., Markett, S., Weber, B., & Quesada, C. M. (2013). Volumetric hemispheric ratio as a useful tool in personality psychology. *Neuroscience Research*, 75, 157-159.
- Moriguchi, Y., Ohnishi, T., Decety, J., Hirakata, M., Maeda, M., Matsuda, H., & Komaki, G. (2009). The human mirror neuron system in a population with deficient self-awareness: An fMRI study in alexithymia. *Human Brain Mapping*, 30, 2063-2076.
- Morris, J. S. (2002). How do you feel? *Trends in Cognitive Sciences*, 6, 317-319.
- Munafó, M. R., & Black, S. (2007). Personality and smoking status: A longitudinal analysis. *Nicotine & Tobacco Research*, 9, 397-404.
- Munafó, M. R., Clark, T. G., Moore, L. R., Payne, E., Walton, R., & Flint, J. (2003). Genetic polymorphisms and personality in healthy adults: A systematic review and meta-analysis. *Molecular Psychiatry*, 8, 471-484.
- Munafó, M. R., Zettler, J. I., & Clark, T. G. (2007). Personality and smoking status: A meta-analysis. *Nicotine & Tobacco Research*, 9, 405-413.
- Omura, K., Todd Constable, R., & Canli, T. (2005). Amygdala gray matter concentration is associated with extraversion and neuroticism. *Neuroreport*, 16, 1905-1908.
- Onitsuka, T., Nestor, P. G., Gurrera, R. J., Shenton, M. E., Kasai, K., Frumin, M., Niznikiewicz, M. A., & McCarley, R. W. (2005). Association between reduced extraversion and right posterior fusiform gyrus gray matter reduction in chronic schizophrenia. *The American Journal of Psychiatry*, 162, 599-601.
- Park, M., Hennig-Fast, K., Bao, Y., Carl, P., Pöppel, E., Welker, L., Reiser, M., Meindl, T., & Gutyrchik, E. (2013). Personality traits modulate neural responses to emotions expressed in music. *Brain Research*, 1523, 68-76.
- Rauch, S. L., Milad, M. R., Orr, S. P., Quinn, B. T., Fischl, B., & Pitman, R. K. (2005). Orbitofrontal thickness, retention of fear extinction, and extraversion. *Neuroreport*, 16, 1909-1912.
- Rusting, C. L., & Larsen, R. J. (1998). Personality and cognitive processing of affective information. *Personality and Social Psychology Bulletin*, 24, 200-213.
- Schaefer, M., Knuth, M., & Rumper, F. (2011). Striatal response to favorite brands as a function of neuroticism and extraversion. *Brain Research*, 1425, 83-89.
- Schutter, D. J. L. G., Koolschijn, P., Cédric, M. P., Peper, J. S., & Crone, E. A. (2012). The cerebellum link to neuroticism: A volumetric MRI association study in healthy volunteers. *PloS One*, 7, e37252.
- Schuyler, B. S., Kral, T. R. A., Jacquart, J., Burghy, C. A., Weng, H. Y., Perlman, D. M., Bachhuber, D. R. W., Rosenkranz, M. A., MacCoo, D. G., & van Reekum, C. M. (2012). Temporal dynamics of emotional responding: Amygdala recovery predicts emotional traits. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 1-6.
- Sollberger, M., Stanley, C. M., Wilson, S. M., Gyurak, A., Beckman, V., Growdon, M., Jang, J., Weiner, M. W., Miller, B. L., & Rankin, K. P. (2009). Neural basis of interpersonal traits in neurodegenerative diseases. *Neuropsychologia*, 47, 2812-2827.
- Sosic-Vasic, Z., Ulrich, M., Ruchow, M., Vasic, N., & Groen, G. (2012). The modulating effect of personality traits on neural error monitoring: Evidence from event-related fMRI. *PloS One*, 7, e42930.
- Steffens, M. C., & Schulze König, S. (2006). Predicting spontaneous big five behavior with implicit association tests. *European Journal of Psychological Assessment*, 22, 13-20.
- Stein, M. B., Simmons, A. N., Feinstein, J. S., & Paulus, M. P. (2007). Increased amygdala and insula activation during emotion processing in anxiety-prone subjects. *American Journal of Psychiatry*, 164, 318-327.
- Suslow, T., Kugel, H., Reber, H., Bauer, J., Dannowski, U., Kersting, A., Arolt, V., Heindel, W., Ohrmann, P., & Egloff, B. (2010). Automatic brain response to facial emotion as a function of implicitly and explicitly measured extraversion. *Neuroscience*, 167, 111-123.
- Tafarodi, R. W. (1998). Paradoxical self-esteem and selectivity in the processing of social information. *Journal of Personality and Social Psychology*, 74, 1181-1196.
- Tafarodi, R. W., Marshall, T. C., & Milne, A. B. (2003). Self-esteem and memory. *Journal of Personality and Social Psychology*, 84, 29-45.
- Tamura, M., Moriguchi, Y., Higuchi, S., Hida, A., Enomoto, M., Umezawa, J., & Mishima, K. (2012). Neural network development in late adolescents during observation of risk-taking action. *PloS One*, 7, e39527.
- Terasawa, Y., Shibata, M., Moriguchi, Y., & Umeda, S. (2013). Anterior insular cortex mediates bodily sensibility and social anxiety. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 8, 259-266.
- Wager, T. D., Davidson, M. L., Hughes, B. L., Lindquist, M. A., & Ochsner, K. N. (2008). Prefrontal-subcortical pathways mediating successful emotion regulation. *Neuron*, 59, 1037-1050.
- Wei, L. Q., Duan, X. J., Yang, Y., Liao, W., Gao, Q., Ding, J.-R., Zhang, Z. Q., Zeng, W. X., Li, Y., Lu, G. M., & Chen, H. F. (2011). The synchronization of spontaneous BOLD activity predicts extraversion and neuroticism. *Brain Research*, 1419, 68-75.
- Wei, L. Q., Duan, X. J., Zheng, C. Y., Wang, S. S., Gao, Q., Zhang, Z. Q., Lu, G. M., & Chen, H. F. (2012). Specific frequency bands of amplitude low-frequency oscillation encodes personality. *Human Brain Mapping*, Early View (Online Version of Record Published before Inclusion in an Issue).
- Westmaas, J. L., Ferrence, R., & Wild, T. C. (2006). Autonomy (vs. sociotropy) and depressive symptoms in quitting smoking: Evidence for trait-congruence and the role of gender. *Addictive Behaviors*, 31, 1744-1760.
- Wheatley, T., Milleville, S. C., & Martin, A. (2007). Understanding animate agents distinct roles for the social network and mirror system. *Psychological Science*, 18, 469-474.

- Williams, L. M., Brown, K. J., Palmer, D., Liddell, B. J., Kemp, A. H., Olivieri, G., Peduto, A., & Gordon, E. (2006). The mellow years? Neural basis of improving emotional stability over age. *The Journal of Neuroscience*, *26*, 6422-6430.
- Wright, C. I., Feczko, E., Dickerson, B., & Williams, D. (2007). Neuroanatomical correlates of personality in the elderly. *Neuroimage*, *35*, 263-272.
- Wright, C. I., Williams, D., Feczko, E., Barrett, L. F., Dickerson, B. C., Schwartz, C. E., & Wedig, M. M. (2006). Neuroanatomical correlates of extraversion and neuroticism. *Cerebral Cortex*, *16*, 1809-1819.
- Xu, J. S., & Potenza, M. N. (2012). White matter integrity and five-factor personality measures in healthy adults. *NeuroImage*, *59*, 800-807.
- Yamasue, H., Abe, O., Suga, M., Yamada, H., Inoue, H., Tochigi, M., Rogers, M., Aoki, S., Kato, N., & Kasai, K. (2008). Gender-common and-specific neuroanatomical basis of human anxiety-related personality traits. *Cerebral Cortex*, *18*, 46-52.
- Zelazo, P. D., Müller, U., Frye, D., Marcovitch, S., Argitis, G., Boseovski, J., Chiang, J. K., Hongwanishkul, D., Schuster, B. V., & Sutherland, A. (2003). The development of executive function in early childhood. *Monographs of the Society for Research in Child Development*, *68*, 93-136.

附录

**Table 1. The lists of task-fMRI researches of extroversion**  
**表 1. 外倾性(E)维度的任务态 fMRI 研究列表**

作者	时间	实验刺激	相关 (正、负)	脑区	被试类型	被试数量	年龄(岁)	
1	Brühl et al.	预期消极图片 > 预期中性图片	+	额上回; 额中回; 额下回; 内侧丘脑	健康人群	N = 14 (女 8)	M = 27.8	
		预期积极图片 > 预期中性图片	+	额中回				
		预期未知性质图片 > 预期中性图片	+	额上回; 额下回/脑岛; 楔前叶; 顶下小叶; 梭状回				
2	Canli et al.	2001	积极图片 > 消极图片	+	额叶; 额内侧回; 额下回; 中央前回; 扣带回; 颞叶; 额下回; 外侧苍白球; 尾状核; 壳核; 杏仁核;	健康人群	N = 14 (女 14)	M = 25.6
3	Canli et al.	2002	愉悦表情	+	杏仁核	健康人群	N = 15 (女 11)	-
4	Canli et al.	2004	积极词汇 > 中性词汇	+	额下回	健康人群	N = 20 (女 10)	M = 22.7
5	Cohen et al.	2005	获得奖励 > 无奖励	-	眶额叶; 杏仁核; 伏隔核	健康人群	N = 17	-
6	Eisenberger et al.	oddball 刺激	+	腹侧前扣带; 外侧前额叶; 后外侧顶叶	健康人群	N = 14 (女 10)	20~37	
			-	背侧前扣带; 内侧后顶叶				
7	Frühholz et al.	积极面孔	-	腹侧前扣带	健康人群	N = 20 (女)	M = 22.7	
		消极面孔	-	膝下前扣带				
8	Gray et al.	2005	工作记忆	-	背侧前扣带; 外侧前额叶; 顶叶	健康人群	N = 60 (女 31)	18~37
9	Gioia et al.	2-back > 0-back	+	额中回; 顶上小叶; 额下回; 背外侧前额叶	健康控制组	MS 病人 18 人, 控制组 13 人	M <sub>病人</sub> = 30.6 M <sub>控制组</sub> = 32.4	
			+	额中回; 顶上小叶; 背外侧前额叶	MS 病人			
10	Haas et al.	积极词汇 > 中性词汇	+	膝下前扣带	健康人群	N = 26 (女 14)	M = 22	
		习得恐惧面孔 > 习得中性面孔	+	颞中回; 额中回				
		恐惧物体 > 中性物体	+	顶内沟; 后侧扣带回; 内侧前额叶; 内侧枕叶; 角回; 楔前叶; 颞上沟; 颞下回				
11	Hooker et al.	习得愉悦面孔 > 习得中性面孔	+	小脑	健康人群	N = 12 (女 7)	M = 21	
			-	杏仁核; 额上回; 中央后回; 颞中回; 颞下回; 颞极; 尾状核; 楔叶; 舌回; 内侧枕叶				
			+	后侧海马; 海马旁回; 小脑; 后侧扣带回				
12	Hutcherson et al.	愉悦物体 > 中性物体	-	杏仁核; 额下回; 眶额叶; 额中回; 前扣带; 后侧脑岛; 缘上回; 颞上回; 梭状回; 顶上小叶; 距状回; 内侧枕叶	健康人群	N = 28 (女 28)	18~21	
		喜剧电影 > 中性电影	+	额上回; 额中回; 中央后回; 伏隔核; 壳核				
		伤感电影 > 中性电影	-	腹侧纹状体				
13	Kumari et al.	2004	工作记忆	+	前扣带; 背外侧前额叶	健康人群	N = 11 (男 11)	21~28

外倾性在人脑功能和结构上的反映：基于 MRI 研究的回顾

续表

			评估图片效价	-	顶上小叶；中央后回；左侧海马			
14	Kehoe et al.	2012	评价图片唤醒程度	+	右侧脑岛	健康人群	N = 23 (女 23)	M = 23.04
				-	右侧小脑			
15	Mobbs et al.	2005	幽默漫画图片	+	眶额叶；前额叶；额下回；颞中回； 颞上回；脑岛；梭状回；海马旁回	健康人群	N = 17 (女 8)	M = 22.8
				-	杏仁核；海马；颞枕叶			
16	Moriguchi et al.	2009	手活动的视频	-	顶上回	健康人群	N = 37 (女 30)	M = 20.4
17	Park et al.	2013	惊悚音乐 > 轻松音乐	-	右侧杏仁核	健康人群	N = 13 (女 7)	M = 20.33
18	Schaefer et al.	2011	喜爱的巧克力品牌	-	腹侧纹状体	健康人群	N = 12 (女 5)	M = 25
			愉悦面孔	-	顶上小叶；尾状核；丘脑			
19	Suslow et al.	2010	悲伤面孔	+	梭状回；后中央回	健康人群	N = 30 (女 30)	M = 24
				-	额下回；尾状核；丘脑			
20	Tamura et al.,	2012	冒险行为	+	脑岛；颞中回；楔前叶	健康人群	N = 25 (女 12)	M = 20.6
21	Terasawa et al.	2013	即时情绪状态&即时身体状态	-	前侧脑岛	健康人群	N = 19 (女 11)	M = 22.9

注：E, Extraversion, 外倾性；MS, multiple sclerosis, 多发性硬化病人。

Table 2. The lists of resting-fMRI researches of extroversion  
表 2. 外倾性(E)的 R-fMRI 研究列表

编号	作者	时间	静息态指标	相关(正或负)	脑区	被试数量	年龄
1	Adelstein et al.	2011	RSFC	-	楔前叶与外侧边缘脑区	N = 39(女 21)	M = 30
				+	右侧脑岛		
2	Gao et al.	2013	BC	-	颞中回	N = 87(女 39)	M = 23.5
				+	背外侧前额叶皮质；前扣带皮层		
3	Kumari et al.	2004	rCBF	-	丘脑；布罗卡区；威尔尼克区	N = 11(男 11)	21~28
4	Kunisato et al.	2011	ALFF	+	纹状体；楔前叶；额上回	N = 24(女 15)	M = 23.13
5	Lei et al.	2013	H	-	默认网络(DMN)：内侧前额叶、 扣带回、楔前叶、角回	N = 20(女 9)	M = 23.2
				-	内侧前额叶；颞中回		
6	Wei et al.	2011	ReHo	+	脑岛；小脑后叶；扣带回	N = 87(女 39)	M = 23.5
				+	内侧前额叶；楔前叶		
7	Wei et al.	2012	ALFF	-	海马	N = 87(女 39)	M = 23.5

注：ALFF, Amplitude of Low Frequency, 低频波动振幅；BC, Betweenness centrality, 中介中心度；DMN, Default Mode Network, 默认网络；E, Extraversion, 外倾性；H, Hurst exponent, 长时记忆指数；rCBF, regional cerebral blood flow, 区域性脑血流；ReHo, Regional Homogeneity, 局部一致性；RSFC, Resting-state functional connectivity, 功能连接强度。

**Table 3. The lists of structural MRI researches of extroversion**  
**表 3. 外倾性(E)结构 MRI 研究列表**

编号	作者	时间	相关(正或负)	脑区	被试类型	被试数量	年龄
1	Blankstein et al.	2009	-	额中回的灰质体积	健康人群(女)	N = 35(女 20)	16~17
			+	额中回的灰质体积	健康人群(男)		
2	Bjørnebekk et al.	2013	-	额下回皮层厚度	健康人群	N = 265(女 150)	M = 49.8
			+	眶额叶皮层体积；杏仁核体积；前扣带体积	健康人群(男)		
3	Cremers et al.	2011	+	眶额叶皮层体积；杏仁核体积	健康人群(女)	N = 65(女 42)	M = 40.5
			-	前扣带体积	健康人群(女)		
4	DeYoung et al.	2010b	+	内侧眶额叶灰质体积；颞上沟灰质体积；小脑灰质体积	健康人群	N = 116(女 58)	M = 22.9
5	Liu et al.	2013		与脑部灰质体积没有关系	健康人群	N = 227(女 168)	-
6	Mahoney et al.	2011	+	背外侧前额叶灰质体积；内侧前额叶灰质体积；前扣带灰质体积	健康人群	FTLD 病人 30 (女 9)	M = 64.6
7	McIntosh et al.	2012	+	右半球的钩束	健康人群	N = 668(女 356)	M = 72.7
8	Montag et al.	2013	+	灰质的 VHRs	健康人群(男)	N = 267(女 191)	M = 25.78
9	Omura et al.	2005	+	右侧杏仁核灰质体积	健康人群	N = 41	-
10	Onitsuka et al.	2005	+	右后侧梭状回灰质体积	精神分裂症病人(男)	男精神分裂症病人 24, 男对照组 26	M <sub>病人</sub> = 41.8 M <sub>对照组</sub> = 43
11	Rauch et al.	2005	+	内侧眶额叶皮层厚度	健康人群	N = 14(女 6)	21~34
12	Sollberger et al.	2009	+	额中回灰质体积；内侧脑岛灰质体积；额下回灰质体积；中央后回灰质体积；前侧丘脑灰质体积	病人及对照组	病人 171, 对照组 43	M <sub>病人</sub> = 64.9 M <sub>对照组</sub> = 67.3
13	Wright et al.	2006	-	额下回皮层厚度；梭状回皮层厚度；眶额叶皮层厚度	健康人群	N = 28(女 17)	M = 24
14	Wright et al.	2007	+	额上回皮层厚度；额中回皮层厚度	健康人群	N = 29(女 17)	M = 70.3

注：E, extraversion, 外倾性；FTLD, Frontotemporal lobar degeneration, 额颞叶变性；VHRs, volumetric hemispheric ratios, 大脑半球体积比。