

基于 ReHo 方法的不同性别中国象棋大师静息态 脑功能磁共振成像研究

梁东梅^{1, 2}, 邱丽华^{3, 4}, 刘承宜¹, 龚启勇⁴

(1.华南师范大学 体育科学学院, 广东 广州 510006; 2.喀什大学 教育科学学院, 新疆 喀什 844000;

3.四川省宜宾市第二人民医院 CT/磁共振室, 四川 宜宾 644000;

4.四川大学 华西医院磁共振研究中心, 四川 成都 610041)

摘 要: 基于 ReHo 分析方法从 rs-fMRI 角度探讨中国象棋高水平运动员的性别差异。收集第一届全国智力运动会中国象棋项目大师级运动员和匹配的对照人群, 采集每位被试者的 rs-fMRI 数据, 应用 DPARSF 软件分析脑区局部一致性信息。结果发现女大师右侧额上回(BA10)和右侧额内侧回(BA25)的 ReHo 值高于男大师, 对照组男女无全脑 ReHo 值差异。结果说明男女中国象棋大师在右侧额上回和额内侧回的 ReHo 值差异可能反映了不同性别中国象棋大师在性别刻板印象和认知-情绪转换脑区的自发活动一致性差异。

关 键 词: 运动医学; 中国象棋大师; 脑功能成像; 静息态; 性别差异; 局部一致性分析方法; 中国中图分类号: G804.5 文献标志码: A 文章编号: 1006-7116(2016)04-0135-05

A study of resting state brain function magnetic resonance imaging of Chinese chess masters of different genders based on ReHo method

LIANG Dong-mei^{1, 2}, QIU Li-hua^{3, 4}, LIU Cheng-yi¹, GONG Qi-yong⁴

(1.School of Physical Education, South China Normal University, Guangzhou 510006, China;

2.School of Educational Science, Kashgaer University, Kashgaer 844000, China; 3.CT/MRI Room, The Second People's Hospital of Yibin, Yibin 644000, China; 4.Huaxi MR Research Centre (HMRR), West China Hospital of Sichuan University, Chengdu 610041, China)

Abstract: Based on ReHo method, and from the perspective of rs-fMRI, the authors probed into the gender differences between high performance Chinese chess players. Method: select Chinese chess master players and matching control people, collect the rs-fMRI data of every testee, and apply DPARSF software to analyze brain regional homogeneity information. Results: the ReHo values of the right superior frontal gyrus (BA10) and right medial frontal gyrus (BA25) of the female masters were higher than those of the male masters, while the males and females in the control group had no brain ReHo differences. Conclusion: the ReHo value differences in the right superior frontal gyrus and right medial frontal gyrus between male and female Chinese chess masters may reflect different brain spontaneous activity in areas related to gender stereotypes and cognition-emotion transfer between Chinese chess masters of different genders.

Key words: sports medicine; Chinese chess master; brain functional imaging; resting-state; gender difference; regional homogeneity analysis method; China

在高水平棋手中有明显的性别差异。据 Howard^[1] 报道,由正式比赛产生的国际象棋世界冠军中无女性,

当年全世界 894 名特级大师中,仅有 9 名女性,所占比例不到 1%。最新数据显示,至 2013 年上半年,全

收稿日期: 2015-10-22

基金项目: 国家自然科学基金(31560286); 中国博士后科学基金(2012M511824); 广东省科技厅公益研究与能力建设专项资金(2014A020209076)。

作者简介: 梁东梅(1982-), 女, 博士, 研究方向: 运动与大脑健康。E-mail: dongmeiliang@hotmail.com 通讯作者: 刘承宜教授

球女性国际象棋特级大师共 21 名,所占比例无明显改变(2%)。近年来,女性中国象棋高水平选手所占比例提高,截至 2015 年下半年,共有 14 名女性中国象棋特级大师,占大陆地区中国象棋特级大师人数的 31.1%(共 45 名中国象棋特级大师)。已有许多研究者关注高水平棋手的性别差异现象^[1-3]。

脑功能成像(functional Magnetic Resonance Imaging, fMRI)方法广泛应用于研究多种认知过程中不同性别人群的脑功能差异,如记忆^[4]、想象^[5]和语言^[6]。棋类包含许多高级认知过程。近年来,任务态 fMRI 方法被用于探索棋类认知过程的大脑机制^[7-10]。任务态的 fMRI 方法相对复杂,不好控制,而静息态 fMRI 方法(Resting-state functional magnetic resonance imaging, rs-fMRI)被试者不面对任务刺激,只需闭眼或睁眼看十字,观测大脑在放松、安静、尽量避免主动思维活动状态下的功能活动,目前已开始用于研究棋手的脑功能特点^[11]。基于 rs-fMRI 的局部一致性分析方法(Regional Homogeneity, ReHo)^[12]探讨局部脑区自发活动一致性的改变,已用于对正常人性别差异的研究^[13],但尚未应用于对中国象棋大师性别差异的研究。

表 1 研究对象一般情况¹⁾($\bar{x} \pm s$)

组别	性别	年龄/岁	教育程度/年	IQ	接触象棋/年	专业训练/年	每天训练/h	等级分
大师	男	29.22±10.00	14.33±2.4	95.89±18.62	21.22±11.94	13.25±12.26	3.96±2.02	250.63±68.75
	女	32.33±5.65	15.17±1.6	102.17±13.61	23.67±4.89	16.60±10.01	4.08±1.46	228.2.6±100.23
	P 值	0.46	0.43	0.46	0.59	0.74	0.89	0.51
对照	男	29.31±10.98	13.50±3.43	108.94±20.49	—	—	—	—
	女	26.20±7.55	14.10±3.31	95.44±20.87	—	—	—	—
	P 值	0.4	0.66	0.14	—	—	—	—

1)专业训练时间起始于进入专业队的时间;等级分为实验进行当年(2009 年底)东泽象棋网(<http://www.dpxq.com/>)数据;IQ 根据瑞文标准推理测验得出

所有棋手无任何神经、精神病(史),均为右利手,双眼裸眼视力或者校正视力正常。本研究经过四川大学华西医院伦理委员会同意,所有被试者在磁共振检查前均签署被试者检查单以排除可能影响脑功能的特殊身体状况、疾病或者体内含有金属物品的情况;所有被试者均在磁共振检查前被详细告知实验原因、目的和方法,并签署知情同意书。

1.2 实验设计

Rs-fMRI 采取睁眼模式,被试者在脑功能数据采集期间尽量保持头部不动、放松、心情平静,通过安置于头部线圈上的反光镜定睛观看屏幕上黑色底色正中的白色小十字。要求被试者在定睛看十字的过程中尽量不要走神、不要睡着。

1.3 数据采集

所有被试者在进行影像学研究前被详细告知将要在磁共振仪中完成的任务。所有的扫描均使用四川大学

本研究基于高水平中国象棋选手的人口学和影像学资料,使用基于 rs-fMRI 的 ReHo 分析方法探讨不同性别中国象棋大师脑区自发活动一致性的差异。

1 研究对象与方法

1.1 研究对象

中国象棋男大师 9 人(包括大师 6 人和特级大师 3 人),与男大师同时间同地点募集女大师 6 人(包括特级大师 1 人);与大师同时期募集对照组男性 16 名、女性 10 名。研究对象一般情况见表 1,其中, IQ 值由瑞文标准推理测验(Raven's Standard Progressive Matrices, RSPM)获得。RSPM 是一种非文字的智慧测验,由 5 个单元的渐进矩阵构图组成。男女大师之间无年龄、教育程度、接触象棋时间、专业训练时间、每天训练时间、等级分和 IQ 的差异($P>0.05$);男女对照之间无年龄、教育程度和 IQ 的差异($P>0.05$)。男大师组与男对照组无年龄($P=0.98$)、教育程度($P=0.48$)和 IQ($P=0.12$)的差异;女大师组与女对照组无年龄($P=0.09$)、教育程度($P=0.4$)和 IQ($P=0.46$)的差异。

华西医院磁共振研究中心德国西门子公司 3.0T 磁共振成像系统(Siemens 3.0 Tesla Trio Tim)完成,仪器在使用前进行数据稳定性的测试(如匀场)。装备有 EPI 软硬件设备,扫描时用一个标准头线圈发射和接收核磁共振信号,在头部线圈上安放一面反光镜,被试者通过镜面看到投影仪屏幕,该投影仪与磁共振扫描和控制室计算机相连,计算机根据扫描时间播放画面。

被试者进入磁共振室后,首先了解和熟悉磁共振室的环境,平躺仰卧在磁共振检查床上,戴耳塞以减少噪音对实验的影响,并用配套的海绵垫固定头部以减少头部活动。

扫描前先完成常规全脑 MRI 扫描,由有经验的放射科医师排除脑内病变,然后以前后联合连线作为基线扫描全脑静息态功能像,参数如下:采用梯度回波-回波平面成像序列(gradient-recalled echo-Planar imaging, GRE-EPI),30 层,层厚 5 mm,无层间距(no slice

gap), 回波时间(Echo Time, TE)30 ms, 重复时间(Repetition Time, TR)2 000 ms, 矩阵(matrix)64 × 64, 视野(FOV)240 mm × 240 mm, 翻转角(flip angle)90°, 体素(voxel size)3.8 mm × 3.8 mm × 5.0 mm, 连续采集 205 个时间点数据。

1.4 数据处理和统计分析

采用北京师范大学认知神经科学与学习国家重点实验室开发的 REST_V1.5_101101(http://restfmri.net/forum/)软件的静息态数据处理辅助工具 DPARSF_V2.0_101025 (http://restfmri.net/forum/) 在 MatLab7.6 及 SPM8 平台上运行进行数据处理和统计分析, 剔除前 5 个时点的图像。与 fMRI 数据处理相同的步骤包括数据格式转换、时间校正、头动校正、空间标准化, 均在 DPARSF 中进行。除此之外, 在 DPARSF 中继续对每位被试者的数据进行去线性漂移和滤波两步处理。去线性漂移为去除接收线圈前置放大器引起的热噪声所带来的基线漂移。滤波步骤以减少低频线性漂移和高频生理性噪音, 对每个体素的时间序列进行带通滤波, 带限范围为 0.01Hz < f < 0.08 Hz, 获得的低频波信号进行 ReHo 分析。

ReHo 假设某特定体素与相邻体素(7 个、19 个或 27 个)的血氧水平依赖(Blood Oxygen Level Dependent, BOLD)信号随时间变化具有相似性, 可以用肯德尔和谐系数(Kendall's coefficient of concordance, KCC)作为指标来衡量一簇区域各体素之间时间序列变化的一致性, 所得 KCC 值为该簇区域中心体素的 ReHo 值, 其值介于 0 和 1 之间, 计算公式如下:

$$W = \frac{\sum (R_i)^2 - n(\bar{R})^2}{\frac{1}{12} K^2 (n^3 - n)}$$

其中, W 是给定点的肯德尔和谐系数; n 是时间点数(本研究中 $n=200$); K 是给定体素点与其毗邻体素点的总数(本研究中 $K=27$, 即 27 个体素构成的正方体中, 处于核心的单个体素与其周围的 26 个体素数目之和, 这 27 个体素点又称为一簇); R_i 是第 i 个时间点 27 个体素的体素值的等级总数; $\bar{R}=(n+1)K/2$ 是所有 R_i 的均值。

脑内每个体素的 ReHo 值构成受试者的 ReHo 脑(ReHoMap), 每个受试者均得到一个 ReHoMap。将全脑每个体素的 ReHo 值除以全脑所有体素 ReHo 值的均值可得到标准化的 ReHo 脑(mReHoMap)。最后, 使用高斯函数对 mReHoMap 进行平滑, 半高宽(full width at half maximum, FWHM)取 4 mm, 获得的 ReHo 图为 smReHoMap。

采用 SPM8 软件分别对男大师与女大师、男性与女性对照的 smReHoMap 逐一体素的 ReHo 值进行双样本 t 检验, 得到有非常显著差异的团簇($P < 0.001$, 未校正, 体素 ≥ 10)。

2 结果与讨论

女大师全脑 ReHo 值在右侧额上回和右侧额内侧回比男大师更高, 详见表 2、图 1。对照组男性与女性全脑 ReHo 值无显著性差异。

表 2 女大师与男大师全脑 ReHo 值比较结果¹⁾

脑区	半球	BA	Talairach 坐标			体素	Z 值	t 值
			X	Y	Z			
额上回	R	10	21	67	-6	42	4.36	6.78
额内侧回	R	25	12	17	-18	10	3.88	5.48

1)统计阈值为 $P < 0.001$ (未校正), 体素数目 ≥ 10 ; 脑区为团簇中心点坐标所在位置; BA 为 Brodman 大脑皮层分区系统缩写; Talairach 为大脑坐标系; 团簇大小以满足统计阈值的体素数目表示; t 值为男大师与女大师在团簇中心点比较所得的统计值; 半球代表大脑半球(hemisphere), R 代表右侧大脑半球(right hemisphere)

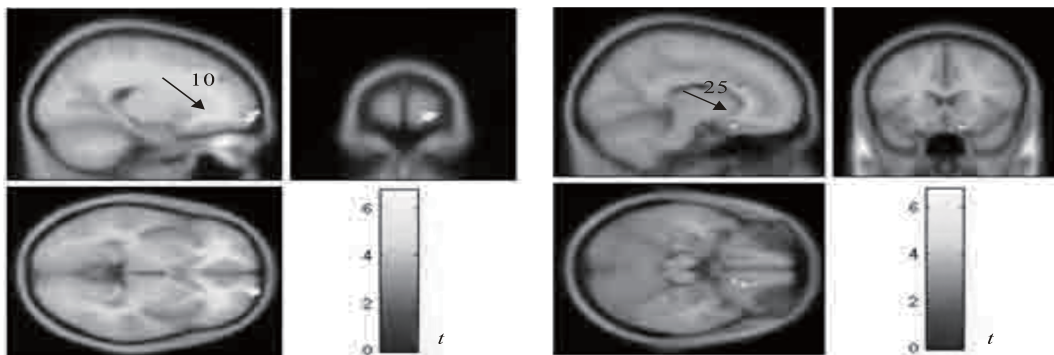


图 1 男大师与女大师全脑 ReHo 值比较结果¹⁾

1)图中数字代表 BA 位置, BA 为 Brodman 大脑皮层分区系统缩写; 左边为额上回; 右边为额内侧回; 分别从矢状面、冠状面和横切面显示两个脑区所在位置; 每个脑区右下角色带及数字显示脑区明暗度与 t 值的对应关系; 10 和 25 分别代表该脑区在 Brodman 大脑分区系统中的数值

本研究首次使用 ReHo 方法分析中国不同性别象棋大师的 rs-fMRI 数据。结果显示,女大师右侧额上回(BA10)和右侧额内侧回(BA25)ReHo 值高于男大师,对照组男性与女性则无全脑 ReHo 值差异,此结果从 rs-fMRI 角度反映了中国象棋大师的性别差异。

前人研究报道,正常人静息态时全脑 ReHo 存在性别差异,分布于左右半球额叶、颞叶、顶叶等区域^[13]。本研究纳入测试的对照组男女无全脑 ReHo 值差异可能与成像结果呈现时设定的统计检验阈值有关,当采用前人研究所采用的阈值呈现本研究结果时,也可发现额叶和颞叶等区域存在性别差异。其次,研究对象平均年龄的不同也可能带来此差异,本研究对照组被试者较前人研究的被试者平均年龄更小,相差超过 10 岁,有研究报道,ReHo 值受老化的影响^[14]。

我们推测,造成本研究高水平棋手脑功能成像结果出现性别差异的原因可能与视觉空间能力和性别刻板印象方面的差异有关。Maass 等^[15]认为,棋类项目中的性别刻板印象体现为女性棋手面对的困难主要存在于她们的观念里。女棋手总认为其他人都希望她们在一个男性主导的领域中表现不好。因此,不仅女棋手经常暗示自己表现很差,而且当她们确实表现优异时,她们的女性气质又常受到质疑。

本研究发现,女大师右侧额上回(BA10)和右侧额内侧回(BA25)ReHo 值高于男大师。研究认为,不同性别脑区 ReHo 值的差异一方面可能与脑结构的性别差异有关,比如,额上回 ReHo 值的性别差异可能与该区域皮层厚度的性别差异有关^[15],另一方面还可能与该脑区功能的性别差异有关,如有研究发现前额叶 ReHo 值的性别差异可能与该区域参与物体识别的词汇提取过程的性别差异有关^[13]。

BA10 区包括前额叶腹内侧皮质(ventromedial Prefrontal Cortex, vmPFC)和额叶最前端的额极(Frontopolar Cortex, FPC)^[16]。vmPFC 参与处理风险、恐惧和决策的过程。vmPFC 损伤导致性别刻板印象(gender stereotypes),随着该区域损伤程度的增加,性别刻板印象增强^[17]。对棋手的研究发现,在真实或意识中面对男棋手下棋的过程中,女棋手易受性别刻板印象影响,导致其对结果产生负面期望,且在下棋过程中持保守态度^[18]。vmPFC 区域 ReHo 值的差异反映了男女中国象棋大师在与性别刻板印象功能相关的脑区自发活动一致性的差异。研究者认为,FPC 参与对已完成反应的不确定性的元认知监控过程。据此推测,FPC 参与对刚完成行为的绩效的元认知监控,以调节策略提高下一次的质量。因此,根据 BA10 区大脑结构和功能研究结果推测,女大师 BA10 区 ReHo 值高于男大师,

可能是由于女棋手易受 vmPFC 参与的性别刻板印象影响,对已完成的反应不确定,从而动用 FPC 进行元认知监控和下一步策略调节。

BA25 区位于前扣带回腹侧(Ventral Anterior Cingulate Cortex, vACC),是 vmPFC 的一部分,参与对与动机相关的内在和外在信息进行整合并做出反应^[19-20]。vACC 区域结构和功能异常与情感障碍(如重症抑郁)密切相关^[21]。vACC 区域活动增强与负面情绪相关^[19, 22]。在负面情绪状态下,女性 vACC 区域活动强度高于男性^[23-24],如当面对恐惧或者不适的皮肤电刺激时,女性 vACC 区域活动强度明显高于男性^[25]。根据 vACC 区大脑功能性别差异的研究结果推测,女大师 BA25 区 ReHo 值高于男大师,可能是由于女棋手易受因性别刻板印象带来的负面情绪影响。在对高水平棋手性别差异现象的研究中,有报道将其联系于两性在心理旋转任务中体现的差异。心理旋转是常用于研究性别差异的视觉空间任务,如想象三维物体的旋转,主要涉及视觉工作记忆过程,存在于下棋的复杂认知过程中。男性完成心理旋转任务比女性更有优势。在以心理旋转为实验任务的 fMRI 研究中,发现女性 vACC 区域抑制程度高于男性,其认为在完成心理旋转实验任务时,女性付诸更多的认知参与,导致 vACC 区域活动在完成任务时更多的被抑制^[26]。研究者推测,vACC 区域活动抑制与认知参与相关^[19, 27]。而在静息态时,女性由于没有认知参与任务,可能会出现 vACC 区域活动较男性增强。综上推测,BA25 区在高水平中国象棋选手中的性别差异可能与完成视觉空间任务中的情绪变化和认知参与有关。

本研究采用基于 rs-fMRI 的 ReHo 分析方法比较了男女中国象棋大师的差异,女性中国象棋大师右侧额上回(BA10)和右侧额内侧回(BA25)ReHo 值高于男性中国象棋大师,可能反映了男女中国象棋大师在性别刻板印象和认知-情绪转换脑区自发活动一致性的差异。

前人研究证明高水平棋手的性别差异主要体现在行为表现的差异,如刻板印象等。本研究在中国象棋选手中发现高水平棋手的性别差异还体现在大脑功能的差异,且呈现脑功能差异的脑区与负责有性别差异表现的行为的脑区相对应,但本研究缺乏性别刻板印象的行为学数据,对脑功能和行为学数据进行分析将有助于进一步了解功能脑区活动与行为表现的相关性。

参考文献:

- [1] HOWARD R W. Are gender differences in high achievement disappearing? a test in one intellectual do-

- main[J]. *J Biosoc Sci*, 2005, 37(3): 371-380.
- [2] BILALIC M, SMALLBONE K, MCLEOD P, et al. Why are (the best) women so good at chess? Participation rates and gender differences in intellectual domains[J]. *Proc Biol Sci*, 2009, 276(1659): 1161-1165.
- [3] MAASS A, D'ETTOLE C, CADINU M. Checkmate? The role of gender stereotypes in the ultimate intellectual sport[J]. *Eur J Soc Psychol*, 2008, 38(2): 231-245.
- [4] SPECK O, ERNST T, BRAUN J, et al. Gender differences in the functional organization of the brain for working memory[J]. *Neuroreport*, 2000, 11(11): 2581-2585.
- [5] LI C S R, KOSTEN T R, SINHA R. Sex differences in brain activation during stress imagery in abstinent cocaine users: A functional magnetic resonance imaging study[J]. *Biol Psychiat*, 2005, 57(5): 487-494.
- [6] KANSAKU K, YAMAURA A, KITAZAWA S. Sex differences in lateralization revealed in the posterior language areas[J]. *Cereb Cortex*, 2000, 10(9): 866-872.
- [7] CHEN X, ZHANG D, ZHANG X, et al. A functional MRI study of high-level cognition: II. The game of GO[J]. *Cogn Brain Res*, 2003, 16(1): 32-37.
- [8] CAMPITELLI G, PARKER A, HEAD K, et al. Left lateralization in autobiographical memory: an fMRI study using the expert archival paradigm[J]. *Int J Neurosci*, 2008, 118(2): 191-209.
- [9] WAN X, NAKATANI H, UENO K, et al. The neural basis of intuitive best next-move generation in board game experts[J]. *Science*, 2011, 331(6015): 341-346.
- [10] 梁东梅, 刘承宜, 邱丽华, 等. 不同级别中国象棋运动员脑功能成像研究[J]. *体育科学*, 2010, 30(8): 69-72.
- [11] DUAN X, LIAO W, LIANG D, et al. Large-scale brain networks in board game experts: insights from a domain-related task and task-free resting state[J]. *PLoS One*, 2012, 7(3): e32532.
- [12] ZANG Y, JIANG T, LU Y, et al. Regional homogeneity approach to fMRI data analysis[J]. *Neuroimage*, 2004, 22(1): 394-400.
- [13] 王丽, 姚志剑, 卢青, 等. 静息态下正常人脑局部一致性的性别差异[J]. *中国行为医学科学*, 2008, 17(7): 603-605.
- [14] WU T, ZANG Y, WANG L, et al. Normal aging decreases regional homogeneity of the motor areas in the resting state[J]. *Neurosci Lett*, 2007, 423(3): 189-193.
- [15] IM K, LEE J M, LEE J, et al. Gender difference analysis of cortical thickness in healthy young adults with surface-based methods[J]. *Neuroimage*, 2006, 31(1): 31-38.
- [16] ONGUR D, FERRY A T, PRICE J L. Architectonic subdivision of the human orbital and medial prefrontal cortex[J]. *J Comp Neurol*, 2003, 460(3): 425-449.
- [17] GOZZI M, RAYMONT V, SOLOMON J, et al. Dissociable effects of prefrontal and anterior temporal cortical lesions on stereotypical gender attitudes[J]. *Neuropsychologia*, 2009, 47(10): 2125-2132.
- [18] ZHANG Z, LIU Y, JIANG T, et al. Altered spontaneous activity in Alzheimer's disease and mild cognitive impairment revealed by regional homogeneity[J]. *Neuroimage*, 2012, 59(2): 1429-1440.
- [19] BUSH G, LUU P, POSNER M I. Cognitive and emotional influences in anterior cingulate cortex[J]. *Trends Cogn Sci*, 2000, 4(6): 215-222.
- [20] DEVINSKY O, MORRELL M J, VOGT B A. Contributions of anterior cingulate cortex to behaviour[J]. *Brain*, 1995, 118 (Pt 1): 279-306.
- [21] DREVETS W C, PRICE J L, SIMPSON J R, et al. Subgenual prefrontal cortex abnormalities in mood disorders[J]. *Nature*, 1997, 386(6627): 824-827.
- [22] PHAN K L, WAGER T, TAYLOR S F, et al. Functional neuroanatomy of emotion: a meta-analysis of emotion activation studies in PET and fMRI[J]. *Neuroimage*, 2002, 16(2): 331-348.
- [23] DERBYSHIRE S W G, NICHOLS T E, FIRESTONE L, et al. Gender differences in patterns of cerebral activation during equal experience of painful laser stimulation[J]. *J Pain*, 2002, 3(5): 401-411.
- [24] WRASE J, KLEIN S, GRUENDER S M, et al. Gender differences in the processing of standardized emotional visual stimuli in humans: a functional magnetic resonance imaging study[J]. *Neurosci Lett*, 2003, 348(1): 41-45.
- [25] BUTLER T, PAN H, EPSTEIN J, et al. Fear-related activity in subgenual anterior cingulate differs between men and women[J]. *Neuroreport*, 2005, 16(11): 1233-1236.
- [26] BUTLER T, IMPERATO-MCGINLEY J, PAN H, et al. Sex specificity of ventral anterior cingulate cortex suppression during a cognitive task[J]. *Hum Brain Mapp*, 2007, 28(11): 1206-1212.
- [27] SIMPSON J R, SNYDER A Z, GUSNARD D A, et al. Emotion-induced changes in human medial prefrontal cortex: I. During cognitive task performance[J]. *P Natl Acad Sci USA*, 2001, 98(2): 683-687.