

• 中枢神经影像学 •

健康成人自发脑活动动态变化的性别差异:静息态功能 MRI

李颖, 激扬, 王雪莉

【摘要】 目的:基于静息态功能磁共振成像(rs-fMRI)探讨健康成人自发性脑活动相关指标的动态性与指标间整合一致性在性别上的差异。**方法:**招募 37 例健康成人志愿者(男 21 例,女 16 例),使用 GE Signa Excite 3.0T 磁共振仪行静息态 fMRI 扫描。基于 DPABI 软件的时变分析模块,计算脑组织的局部一致性(ReHo)、中心度(DC)、低频振荡幅度(ALFF)和全局信号相关性(GSCorr)四项指标随时间变化的动态特征(以标准差 SD 衡量)以及 4 项指标在时间和空间分布特征上的一致性(以肯德尔和谐系数衡量),并比较各指标在男女受试组间的差异。**结果:**女性组的右侧背外侧前额叶皮层的动态变化程度(SD_{DC})、右侧缘上回和右侧脑岛在体素层级四项指标间的动态一致性均显著高于男性(GRF 多重比较校正, $P < 0.05$),而且在全脑空间分布上四个指标间的动态一致性亦显著高于男性($t = 9.59$, $P = 0.0001$);男性组的左侧运动前皮层、左侧背外侧前额叶皮层的 SD_{ALFF} 、以及左侧颞下回和颞中回的 SD_{GSCorr} 均显著高于女性组(GRF 多重比较校正, $P < 0.05$)。**结论:**男女性成年人的自发脑活动存在性别差异可能是男女在行为和认知上存在明显性别差异的脑功能原因。

【关键词】 静息态; 功能磁共振成像; 时域动态性; 局部一致性; 性别

【中图分类号】 R445.2; R741.02 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2019)08-0852-06

DOI:10.13609/j.cnki.1000-0313.2019.08.005

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Gender differences in temporal dynamics and concordance of resting-state functional MRI's indices in healthy adults LI Yin, JI Yang, WANG Xue-li. Department of Radiology, the First Affiliated Hospital of Xi'an Medical University, Xi'an 710077, China

【Abstract】 Objective: To explore the gender differences of intrinsic brain activity in healthy adults based on resting-state fMRI data. **Methods:** Resting state fMRI data was collected from 37 healthy adults (male 21 and female 16) with GE Signa Excite 3.0T magnetic resonance imaging scanner. Four temporal dynamic indices, amplitude of low frequency fluctuations (ALFF), regional homogeneity (ReHo), degree centrality (DC) and global signal correlation (GSCorr) were calculated using DPABI software. The temporal dynamics were represented by the standard deviation of the 4 temporal dynamic indices. The voxel-wise and volume-wise concordance of the 4 indices were calculated by Kendall's coefficient. Two sample t -test was performed to explore the differences of the temporal dynamics and concordances between gender groups. **Results:** Compared with male group, female group showed significant increases of SD_{DC} in the right dorsolateral prefrontal cortex (dlPFC) and voxel-wise concordance in right supramarginal gyrus and right insula (GRF corrected $P < 0.05$), and also the volume-wise concordance ($t = 9.59$, $P < 0.05$). On the contrary, male group showed significant higher dynamic ALFF in the left premotor cortex and the left dlPFC, higher dynamic GSCorr in the left inferior temporal gyrus and left middle temporal gyrus than those of female group (GRF corrected $P < 0.05$). **Conclusion:** The significant differences of intrinsic brain activity might be the underlying cause of the gender differences in behavioral and cognitive process.

【Key words】 Resting-state; Functional magnetic resonance imaging; Regional concordance; Gender

作者单位: 710077 西安, 西安医学院第一附属医院影像科

作者简介: 李颖(1973—), 男, 江苏无锡人, 副主任医师, 主要从事神经系统影像学诊断和研究工作。

通讯作者: 王雪莉, E-mail: 463449610@qq.com

影像研究结果表明人脑在结构和功能上存在性别差异^[1-3]。对行为和认知的相关研究结果显示,男性在视觉空间信息处理和数学方面优于女性,而女性在语言、记忆和情感处理等方面优于男性^[4-5]。现有的研究手段注重单一脑影像指标的差异研究而忽视了多指标的整合性差异,多采用静态指标而忽略脑功能的动态变化特征。本研究基于静息态功能磁共振成像技术,通过滑动时间窗方法,对一系列静息态指标的动态变化特征和指标间的整合一致性特征进行分析,旨在探讨我国健康成年人脑功能自发活动的性别差异,探寻在认知和行为上性别差异的脑功能解释。

材料与方法

1. 基本临床资料

本研究招募了 37 例本地健康成年志愿者,纳入标准:①健康成年人,右利手;②无任何神经系统疾病的症状及体征;③无颅脑手术或外伤史,无高血压和糖尿病等病史;④无 MRI 检查禁忌证;⑤无酗酒、吸烟成瘾、长期服用药物、和毒品依赖等;⑥无抽搐、癫痫或痉挛史,无脑炎或脑膜炎病史;⑦头颅 MRI 常规扫描无明显异常。剔除标准:图像上伪影较明显或经预处理后图像质量不理想。要求被试在检查前 3 天内不能饮酒,检查前 24 小时内不服用任何药物。本研究经西安医学院伦理委员会批准,所有被试自愿参与并签署知情同意书。

37 例被试按性别进行分组,两组间基本人口学特征的比较见表 1。两组被试的年龄和受教育程度的差异无统计学意义($P>0.05$);而男性的身高和体重均显著高于女性,差异有统计学意义($P<0.05$)。

表 1 两组受试者人口学特征比较

指标	女性 (16 例)	男性 (21 例)	t 值	P 值
年龄(岁)	28.81±5.49	27.48±4.95	0.77	0.4500
受教育年限(年)	4.75±0.77	4.81±0.60	-0.25	0.8011
身高(cm)	158.94±4.81	173.24±3.00	-10.45	0.0001
体重(kg)	52.62±6.97	67.79±9.95	-5.44	0.000

2. MRI 扫描方法

所有被试采集了静息态功能(rest-state functional MRI,rs-fMRI)数据和 3D T₁WI(结构像)数据。使用 GE Signa Excite 3.0T 磁共振扫描仪和 8 通道相控阵头线圈,被试取仰卧位,使用配套的泡沫垫固定其头部,嘱被试保持睁眼、放松的状态。Rs-fMRI 扫描参数:梯度回波序列,TE 0 ms,TR 2000 ms,层厚 4 mm,层距 0 mm,翻转角 90°,视野 240 mm×240 mm,矩阵 64×64,扫描 40 层,采用先奇数层后偶数层的交错扫描方式,采集 185 个时间点的数据,总扫描时间约 7 min。然后行高分辨率 3D 结构像采集,采用 3D 快速

扰相梯度回波序列,扫描参数:TR 10 ms,TE 4.6~14.0 ms,视野 240 mm×240 mm,矩阵 240×240,翻转角 15°,层厚 1 mm,层间距 0 mm,扫描层数 160,体素大小 1 mm³,扫描时间约 7 min。

3. 图像预处理

全部被试的 DICOM 数据经整理后,使用 DPABI v3.0 软件包(<http://rfmri.org/DPABI>)进行预处理。DPABI 是基于统计参数图 SPM12(<http://www.fil.ion.ucl.ac.uk/spm>)的多线程流线式处理软件,能够对一组被试的 rs-fMRI 预处理图像和相关测量指标进行批量运算^[6]。具体的预处理流程如下:①剔除每名被试 rs-fMRI 时间序列中前 5 个时间点的数据;②时间层校正;③头动校正;④结构像对齐至平均功能像;⑤将全脑结构像分割为灰质(gray matter)、白质(white matter)和脑脊液(cerebrospinal fluid);⑥噪声回归:使用 Friston 24 参数回归模型(即 6 个头动参数和 6 个前一时间点头动参数及其二次项)来消除头动效应,以及白质和脑脊液信号,加入线性回归因子去除数据的线性漂移;⑦使用李代数微分同胚配准算法(diffeomorphic anatomical registration through exponentiated lie algebra,DARTEL)工具将每例被试的功能像从个体空间配准到 MNI 152 空间,并重采样至体素大小为 3 mm×3 mm×3 mm;⑧使用 0.01~0.10 Hz 带通滤波器进行滤波;⑨使用 4 mm 的高斯全高半宽核函数对配准后的图像进行平滑。

需要专门指出的是,在四项静息态指标中,对局部一致性(regional homogeneity,ReHo)和中心度(degree centrality,DC)的计算使用的是未进行平滑的数据;而对低频振荡幅(amplitude of low frequency fluctuations,ALFF)的计算使用的是未进行滤波的数据,因为在计算此指标的过程中已经包含了滤波。

4. rs-fMRI 指标的测量

本研究中对 rs-fMRI 进行分析,主要获得了脑组织的四项静息态指随时间序列的测量值。①ALFF:ALFF 计算的是将某体素的时间序列特征值进行傅里叶变换至频率空间后,获得在特定频率范围内的振幅均值。对于静息态数据,频率取 0.01~0.10 Hz。ALFF 反映了脑自发活动的低频振荡强度^[7]。②ReHo:反映脑区域活动的一致性(或称为同步性),计算方法为某体素与其在空间上相邻的 26 个体素的血氧水平依赖(blood oxygen level dependent,BOLD)信号在时间序列上的肯达尔和谐系数(Kendall's W)^[8]。③DC:计算某体素与全脑其它体素之间 BOLD 信号时间序列的相关系数 r ,然后对 r 高于阈值 0.25 的所有正向相关系数计算加权和,以此作为该体素的 DC 值^[9]。DC 反映了脑局部区域与全

脑直接功能连接的总强度,DC 值高的区域往往是脑网络的核心节点。④全局信号相关性(global signal correlation, GSCorr):将全脑中所有体素时间序列 BOLD 信号的平均值提取为全局信号,然后计算每个体素的时间序列 BOLD 信号与全局信号之间的皮尔逊相关系数,并使用 Fisher Z 变换进行标准化处理^[10]。

5. rs-fMRI 指标的动态一致性分析

对各项指标的动态性分析使用了滑动时间窗口技术(sliding window),对 4 项静息态指标在每一次滑动时间窗中都进行了计算。滑动窗口的长度选择 30 个时间点,每次向前滑动 1 个时间点。因此对每项静息态指标而言,180 个扫描时间点即可得到 151 个动态变化的该指标的测量值。为了定量分析比较各项指标的时间动态特征,在上述动态测量值的基础上,计算各指标所有时间窗的测量值的标准差(standard deviation, SD)来反映各项指标的动态变化程度。

对指标的动态一致性分析分两个层面来计算:一是体素级别全部时间上的一致性(voxel-wise concordance)。对于每个体素而言,计算其 4 种指标之间随时间变化的肯达尔和谐系数,来反映该体素的指标间动态一致性,逐个体素计算,形成时间一致性脑图;二是空间模式的一致性(volume-wise concordance):对于 151 次滑动窗口计算得到的 4 项静息态指标(ALFF, ReHo, DC, GSCorr),逐个窗口计算 4 种指标的脑图在空间模式上的肯达尔和谐系数,从而得到 151 个随时间变化的空间一致性值。肯达尔和谐系数作为一种非参检验法,对样本总体分布没有要求^[11],而且对不同静息态指标之间取值范围不同具有较高的适应性。

6. 统计学分析

采用双样本 t 检验分别对四项静息态指标的动态变化程度(SD 值)在性别分组间的差异进行比较,检验结果使用高斯随机场(Gaussian random field, GRF)理论进行多重比较校正,校正后的团块显著性阈值为 $P < 0.05$ 。对于静息态指标,体素层级动态一致性,采用双样本 t 检验比较时间一致性脑图的性别差异,同样使用 GRF 进行多重比较校正,校正后团块显著性阈值为 $P < 0.05$;对空间动态一致性,采用双样本 t 检验比较男女组间的差异,显著性阈值为 $P < 0.05$ 。

结果

1. rs 指标动态变化程度的性别差异

两组间静息态指标的动态特征及动态一致性存在差异的脑区分布见表 1 和图 1。女性组右侧

背外侧前额叶皮层(dorsal-lateral prefrontal cortex, dlPFC)的 SD_{DC} 显著高于男性;男性组左侧运动前皮层(premotor cortex, PMC)和左侧 dlPFC 的 SD_{ALFF} 显著高于女性组,同时左侧颞下回(inferior temporal gyrus, ITG)和左侧颞中回(middle temporal gyrus, MTG)的 SD_{GSCorr} 显著高于女性组。两组间各脑区的 ReHo 的动态变化程度无明显差异。

2. 指标间动态一致性的性别差异

两组被试在体素层级 4 项静息态指标之间动态一致性的比较结果显示,女性组在右侧缘上回(supramarginal gyrus, SMG)和右侧脑岛(insula)的各项指标间的体素动态一致性显著高于男性,如表 2、图 1d 所示。

根据本研究滑动窗口的设置,反映每例被试各项指标间空间模式一致性的共有 151 个数值,绘制男女组中各项指标间空间一致性的动态曲线(图 2),并采用双样本 t 检验进行组间比较,结果显示女性健康被试 4 项静息态指标之间空间分布的一致性显著高于男性健康被试(图 3),两组间的差异有统计学意义($t =$

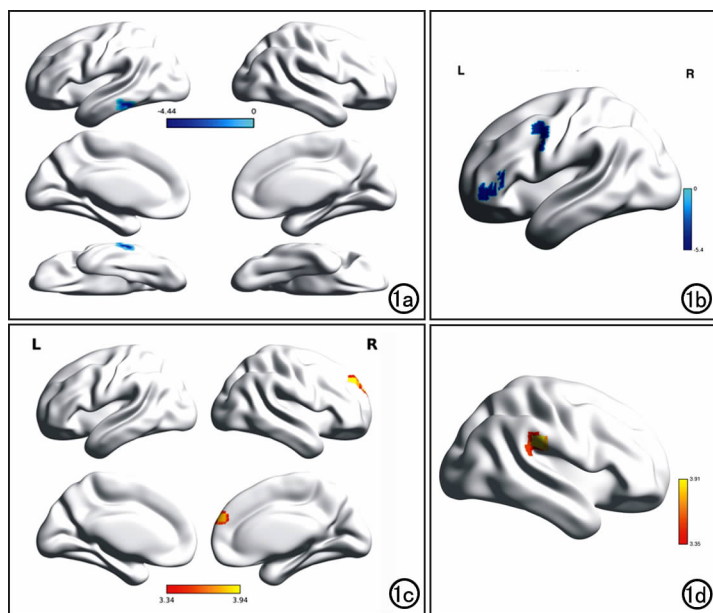


图 1 脑功能图像显示静息态指标的动态变化程度及体素层级的动态一致性存在性别差异的脑区(采用 GRF 进行多重比较校正,校正后阈值为 $P < 0.05$),冷色代表女性该指标值低于男性,暖色代表女性高于男性。a) ALFF 动态变化程度的脑功能图,显示女性在左侧 PMC 和 dlPFC 区域的 ALFF 动态变化程度显著低于男性; b) GSCorr 动态变化程度的脑功能图,显示女性在左侧 ITG 和 MTG 区域的 GSCorr 动态变化程度显著低于男性; c) DC 动态变化程度的脑功能图,显示女性在右侧 dlPFC 区域的 DC 动态变化程度显著高于男性; d) 体素层级四项指标间动态一致性的脑功能图,显示女性在右侧 SMG 和岛叶区域的指标间动态一致性显著高于男性。

表 2 两组间静息态指标动态特征及动态一致性存在差异的脑区特征

指标	脑区	侧别	BA *	峰值点 T 值	峰值点 MNI 坐标			体素 个数
					X 轴	Y 轴	Z 轴	
SD _{ALFF}	PMC	左	6	-4.82	-57	9	33	19
SD _{ALFF}	dIPFC	左	9/10/46	-5.40	-51	39	15	38
SD _{DC}	dIPFC	右	9	3.94	18	45	36	27
SD _{GSCorr}	ITG	左	20	-4.44	-57	-33	-18	17
SD _{GSCorr}	MTG	左	21	-4.27	-57	-30	-15	6
体素动态一致性	SMG	右	40	3.91	57	-30	27	17
体素动态一致性	Insula	右	BA13	3.53	54	-36	21	3

注：* BA 为布罗德曼分区(Brodmann area)。

9.59, $P=0.0001$)。

讨 论

性别差异贯穿于人类文明的整个发展历程,男性和女性在生理和心理上存在显著差异,处理事务和情感的方式也明显不同。性别差异一直是人们认识自身的研究热点。本研究通过脑功能成像的方式来探讨中国健康成年男性和女性之间自发脑功能活动上的差异,旨在进一步认识性别差异导致的思维方式、情绪控制等脑功能上的根源。

自发性脑功能活动是一种不间断的神经和代谢过程,在人类脑功能中发挥着重要作用^[12]。近年来,大量的研究基于各种指标来分析自发脑活动的群体和个体差异^[13],例如常用的基于种子点的功能连接、静息态脑功能网络的独立成分分析和基于图论的功能网络分析方法^[14]。采用了各种静息态相关指标来描述脑功能状态的不同属性特征,这其中应用较广泛的指标有 ALFF^[7]、与时间序列相关的不同脑区间的功能连接、ReHo^[8]、DC^[9]和 GSCorr 等。

进一步可对自发性脑活动相关指标的一致性进行研究,分析各种指标间的异同之处^[11]。这就衍生出两种不同层次的一致性计算方法:其一为体素之间不同指标间的一致性特征,其二为各项指标间空间分布的

一致性特征。计算这种一致性随着时间变化的规律,可以通过滑动时间窗技术来实现。目前滑动时间窗在功能连接和独立成分分析的时间变化特性的相关研究中得到了有效地应用^[15-16]。不同的静息态 fMRI 指标反映了脑自发活动的不同方面的特征,指标间的一致性则反映了大脑在不同功能层面的整合能力。有研究表明,指标间一致性与年龄存在显著的负相关关系^[11],孤独症患者的脑自发活动的动态性及其整合相比于健康人显著降低^[17]。

本研究采用这种新的动态一致性指标和其时间整合的一致性变化特征对不同性别组之间脑自发活动的特征进行了分析。结果表明,ALFF、DC 和 GSCorr 这三项指标的动态性变化程度上,男性组和女性组之间存在显著差异。

女性组右侧背外侧前额叶皮层的 DC 变化程度显著高于男性组,基于体素层级右侧缘上回和右侧脑岛的各项指标间的动态一致性显著高于男性。背外侧前额叶皮层在执行控制功能中发挥重要作用^[18],主要负责执行工作记忆、认知灵活性、计划、抑制和抽象能力等脑功能。近期有研究结果显示,背外侧前额叶皮层在风险下和不确定性下的决策中发挥重要作用^[19]。前额叶的活动异常还可能导致敏感和情绪不稳定^[20]。女性在这一区域的 DC 变异性(SD)高于男性,表明女

性的 dIPFC 与其它脑区之间的功能连接强度和数量随时间变化较大。同时,我们注意到左侧 dIPFC 的 ALFF 变异性(SD)却是刚好相反的结果,男性高于女性,表明女性 dIPFC 的活跃程度动态变化程度较小。两种指标不同的结果,看似矛盾,实际是相互印证了性别差异。我们认为,ALFF 变异性差异可能是女性 dIPFC 自身的激活程度一直处于"稳定"但偏低的状态。dIPFC 的自身活性不变而对外连接数量和对外连接的强度发生了变化,恰恰说明女性相对于男性而言,不能较好地将控制功能维持在一

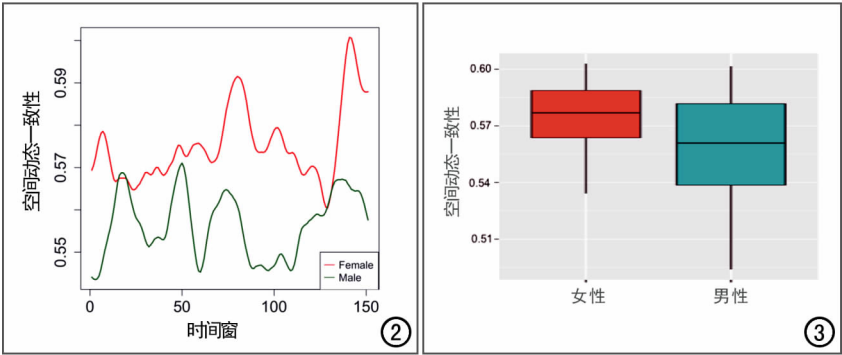


图 2 男性和女性组中指标间空间动态一致性均值曲线。图 3 指标间空间动态一致性均值的统计分析图,显示女性组的指标间空间动态一致性显著高于男性组。

个稳定的状态。dlPFC 在执行控制、抑制及决策功能时需要与其它脑区紧密配合才能完成^[21], DC 的不稳定说明这种执行控制功能的脑功能网络的活动不稳定, 容易受到其它因素的影响, 因而女性与男性比较, 相对而言, 表现为行为冲动的可能性更高。对于风险决策任务的完成能力偏低。缘上回位于 Brodmann 40 分区, 主要负责语言的感知和加工。根据最近的研究结果, 右侧缘上回在移情中起决定性作用, 能够使人克服自私自利的趋势^[22], 从而富有同情心。脑岛则参与多种脑功能活动, 通常认为脑岛参与了情感^[23]和自体感知^[24]等功能活动。女性的动态一致性指标在右侧缘上回和右侧脑岛均显著高于男性, 说明女性的缘上回和脑岛区域在 4 种静息态指标中整合能力都要高于男性。这可能解释了女性具有更强的语言能力, 更多的同情心, 以及更注重自体感受的脑功能基础。

相对的, 除了左侧背外侧前额叶皮层之外, 男性组左侧 PMC 的动态变化程度(SD_{ALFF})显著高于女性组, 同时左侧 ITG 和 MTG 的 SD_{GSCorr} 显著高于女性组。PMC 主要负责躯体的运动功能, 在运动控制、学习和中风恢复中发挥重要作用^[25]。我们认为男性的 PMC 的活跃性随着时间自发地波动, 可能代表男性在静息状态下内生的运动冲动要高于女性, 更好动而不是保持安静。而男性的颞下回和颞中回的 $GSCorr$ 的动态变异性较高则说明男性被试颞叶的活跃性和全脑平均活动强度不同步, 这似乎表明在静息态下男性颞叶的活跃程度波动要显著高于女性。颞下回和颞中回属于辅助视觉区, 根据 Grotheer 等^[26]的研究结果, 颞下回对于数字视觉刺激更为敏感。而且, 更进一步的研究表明, 颞下回在数学运算中也可能扮演重要角色^[27]。本组研究结果与上述结果(男性对于数字和数学运算的优势)间具有一致性。

本研究结果和既往关于性别差异相关研究的结果基本一致^[3,28], 进一步证实了在静息态下, 不同性别的脑神经自发活动的动态变化特性存在明显差异, 反映多种脑功能静态指标之间动态整合度的一致性也存在明显的性别差异。本研究中所发现的脑静息态指标动态变化程度及一致性存在差异的脑区, 能够很好地解释不同性别在行为和认知领域的差异, 为进一步的研究指明了方向。今后应增加被试的行为和心理学认知测试, 并进一步扩大样本量, 更详细地分析行为和认知测试得分与动态性和一致性之间的关系, 得到更科学有力的研究结论。

参考文献:

[1] Xu C, Li C, Wu H, et al. Gender differences in cerebral regional homogeneity of adult healthy volunteers: a resting-state fMRI study[J/OL]. BioMed Res Intern, 2015; e183074. <https://doi.org/10.1155/2015/183074>.

[2] Tomasi D, Volkow ND. Gender differences in brain functional connectivity density[J]. Human Brain Mapping, 2012, 33(4): 849-860.

[3] 李佳子, 邓克学, 徐春生, 等. 大脑功能性性别差异的分数低频振幅静息态 fMRI 研究[J]. 临床放射学杂志, 2016, 35(8): 1148-1151.

[4] Rizk-Jacson AM, Acevedo SF, Inman D, et al. Effects of sex on object recognition and spatial navigation in humans[J]. Behav Brain Res, 2006, 173(2): 181-190.

[5] Crespo-Facorro B, Roiz-Santíáñez R, Pérez-Iglesias R, et al. Sex-specific variation of MRI-based cortical morphometry in adult healthy volunteers: the effect on cognitive functioning[J]. Prog Neuropsych Biol Psychiatr, 2011, 35(2): 616-623.

[6] Yan CG, Wang XD, Zuo XN, et al. DPABI: data processing & analysis for (resting-state) brain imaging[J]. Neuroinformatics, 2016, 14(3): 339-351.

[7] Zang Y, He Y, Zhu C, et al. Altered baseline brain activity in children with ADHD revealed by resting-state functional MRI[J]. Brain Dev, 2007, 29(2): 83-91.

[8] Zang Y, Jiang T, Lu Y, et al. Regional homogeneity approach to fMRI data analysis[J]. NeuroImage, 2004, 22(1): 394-400.

[9] Buckner RL, Sepulcre J, Talukdar T, et al. Cortical hubs revealed by intrinsic functional connectivity: mapping, assessment of stability, and relation to Alzheimer's disease[J]. J Neurol Sci, 2009, 29(6): 1860-1873.

[10] Power JD, Plitt M, Laumann TO, et al. Sources and implications of whole-brain fMRI signals in humans[J]. NeuroImage, 2017, (146): 609-625.

[11] Yan CG, Yang Z, Colcombe SJ, et al. Concordance among indices of intrinsic brain function: Insights from inter-individual variation and temporal dynamics[J]. Sci Bullet, 2017, 62(23): 1572-1584.

[12] Raichle ME, Berger H, Gloor P, et al. The restless brain: how intrinsic activity organizes brain function[J]. Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci, 2015, 370(1668): 527-580.

[13] Kelly C, Biswal B, Craddock RC, et al. Characterizing variation in the functional connectome: promise and pitfalls[J]. Trends Cogn Sci, 2012, 16(3): 181-188.

[14] Margulies DS, Bottger J, Long X, et al. Resting developments: a review of fMRI post-processing methodologies for spontaneous brain activity[J]. MAGMA, 2010, 23(5-6): 289-307.

[15] Allen EA, Damaraju E, Plis SM, et al. Tracking whole-brain connectivity dynamics in the resting state[J]. Cerebral Cortex, 2014, 24(3): 663-676.

[16] Kiviniemi V, Vire T, Remes J, et al. A sliding time-window ICA reveals spatial variability of the default mode network in time[J]. Brain Connect, 2011, 1(4): 339-347.

[17] 鲁彬, 陈骁, 李乐, 等. 孤独症脑自发活动动态性及其整合的异常机制[J]. 科学通报, 2018, 63(15): 1452-1463.

[18] Kaplan JT, Gimbel SI, Harris S. Neural correlates of maintaining one's political beliefs in the face of counterevidence[J]. Sci Rep, 2016, 6(1): e39589. DOI: 10.1038/SRIP39589.

[19] Yang X, Gao M, Shi J, et al. Modulating the activity of the DLPFC and OFC has distinct effects on risk and ambiguity decision-making: a tDCS study[J]. Front Psychol, 2017, 8: e1417.

- DOI:10.3389/fpsyg.2017.01417.
- [20] 刘利婷,高阳,谢生辉,等.首发精神分裂症患者脑局部一致性静息态 MRI 研究[J].放射学实践,2017,32(7):691-695.
- [21] Nejati V, Salehinejad MA, Nitsche MA. Interaction of the left dorso-lateral prefrontal cortex (l-DLPFC) and right orbito-frontal cortex (OFC) in hot and cold executive functions: evidence from transcranial direct current stimulation (tDCS) [J/OL]. Neuroscience, 2018, 369: 109-123. DOI: 10.1016/j.neuroscience.2017.10.042.
- [22] Silani G, Lamm C, Ruff CC, et al. Right supramarginal gyrus is crucial to overcome emotional egocentricity bias in social judgments[J]. J Neurosci, 2013, 33(39): 15466-15476.
- [23] Singer T. The neuronal basis and ontogeny of empathy and mind reading: review of literature and implications for future research [J]. Neurosci Biobehav Rev, 2006, 30(6): 855-863.
- [24] 徐亚卡,潘君龙,李博,等.神经根型颈椎病颈肩痛脑静息态局部一致性研究[J].放射学实践,2018,32(6):549-554.
- [25] Kantak SS, Stinear JW, Buch ER, et al. Rewiring the brain: potential role of the premotor cortex in motor control, learning, and recovery of function following brain injury [J]. Neurorehabil Neural Repair, 2012, 26(3): 282-292.
- [26] Grotheer M, Herrmann KH, Kovacs G. Neuroimaging evidence of a bilateral representation for visually presented numbers[J]. J Neurosci, 2016, 36(1): 88-97.
- [27] Grotheer M, Jeska B, Grill SK. A preference for mathematical processing outweighs the selectivity for Arabic numbers in the inferior temporal gyrus[J]. NeuroImage, 2018, 175: 188-200. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2018.03.064>.
- [28] 初晶琦,甘洁,刘建宪.应用局部一致性研究静息态脑功能磁共振成像的性别差异[J].中国中西医结合影像学杂志,2013,11(6):587-589,599.

(收稿日期:2018-08-05 修回日期:2018-12-18)

本刊网站及远程稿件处理系统投入使用

本刊网站与远程稿件处理系统已开发测试完毕,已于 2008 年 3 月 1 号正式开通投入使用。

作者进行网上投稿及查稿具体步骤如下:请登录《放射学实践》网站(<http://www.fsxsj.net>)点击进入首页→点击“作者投稿”→按提示注册(请务必按系统提示正确填写个人信息,同时记住用户名和密码,以便查询稿件处理进度)→用新注册的用户名和密码登录→点击“作者投稿”进入稿件管理页面→点击“我要投稿”→浏览文件→上传文件(浏览文件后请点击后面的“上传”按钮,只有系统提示“稿件上传成功”方可进行下一步录入操作,文章须以 WORD 格式上传,图表粘贴在文章中)→录入稿件标题、关键词等→最后点击“确定”即可完成投稿。投稿后请速寄审稿费(100 元/篇)以使稿件迅速进入审稿处理。

作者自投稿之日起可不定期登录本刊网站查看稿件处理进度,不必打电话或发邮件查询,具体步骤如下:用注册过的用户名和密码登录→点击“作者查稿”进入稿件管理页面→点击左侧导航栏“我的稿件库”→“稿件状态”显示稿件处理进度→点击“查看”→选择“当前信息”或“全部信息”查看稿件处理过程中的具体信息。稿件退修和催审稿费(版面费)的信息作者亦可在注册时填写的邮箱中看到,作者在邮箱看到相关信息后须进入本系统进行相应处理。

作者如从邮箱和邮局投稿(或网上投稿成功后又从邮箱或邮局再次投稿),本刊须花费大量精力将稿件录入系统中,部分稿件重复多次处理,这给我们的稿件统计及处理工作带来巨大困难。本刊作者需登录本刊网站投稿,如果通过邮箱或邮局投稿,本刊会通知您通过网上投稿。

由于准备时间仓促及经验不足,网站及远程稿件处理系统必然会有一些缺点和不足之处,希望各位影像同仁不吝赐教,多提宝贵意见,予以指正。

如果您在投稿中遇到什么问题,或者对本系统及网站有好的意见和建议,请及时联系我们。

联系人:石鹤 明桥 联系电话:027-69378385 15926283035