

高特质焦虑个体情绪注意偏向的脑网络研究^①

季淑梅^{②***} 荀兴苗^{***} 步鑫鑫^{***} 刘 庆^{***} 黎 捷^{***} 许全盛^{③***}

(* 燕山大学康养产业技术研究院 秦皇岛 066004)

(** 燕山大学生物医学工程研究所 秦皇岛 066004)

摘 要 利用复杂网络分析方法对脑网络的拓扑结构和属性进行分析,探讨高特质焦虑个体情绪注意偏向的脑功能机制。选取高特质性焦虑(HTA)和低特质性焦虑(LTA)各 15 名被试,进行 3 种情绪面孔表情(高兴、中性和愤怒)的搜索任务,同步记录 64 导脑电(EEG)。对 EEG 数据进行同步似然分析,计算网络的整体属性参数(全局效率、聚类系数和特征路径长度)及节点属性参数(节点度)。组内统计分析显示,HTA 和 LTA 两组被试均表现为,愤怒面孔搜索任务下额叶与颞叶节点度、聚类系数及全局效率明显大于其高兴面孔和中性面孔的值,而特征路径长度小于高兴面孔和中性面孔的值。组间统计结果表明,3 种面孔搜索任务下 HTA 组额叶与颞叶节点度值均明显大于 LTA 组的值,尤其是愤怒面孔搜索任务下二组的差异更加明显($P<0.001$);愤怒面孔搜索任务下,HTA 组被试的节点属性参数及整体属性参数均与 LTA 组有显著差异,而高兴面孔和中性面孔搜索任务下,HTA 组被试仅节点属性参数与 LTA 组有显著差异,整体属性参数无显著差异。以上结果表明,HTA 个体对情绪信息(尤其是负性情绪信息)更加敏感,其神经机制可能与额、颞叶活动及脑网络信息传输能力异常增强有关。本研究从脑网络水平探讨了 HTA 个体情绪认知的脑功能特点,可为焦虑症、抑郁症等精神障碍的认知功能神经机制研究提供新视角。

关键词 特质焦虑;情绪识别;注意偏向;脑网络;同步似然分析

0 引 言

焦虑作为一种正常的情绪表现常常被忽视,若长期处于焦虑状态,则会有发展为焦虑症的风险。根据持久性和稳定性的不同,将焦虑分为状态焦虑和特质焦虑。状态焦虑是特定情境中短暂、被动的情绪状态;而特质焦虑是相对稳定的、具有内隐性和个体差异性的焦虑倾向,是一种稳定的人格特质^[1-2]。焦虑的形成、维持及加重与其认知特点有着密切关系,不同特质焦虑水平的个体在生理反应和认知表现上存在差异,相比于低特质焦虑(low

trait anxiety, LTA),高特质焦虑(high trait anxiety, HTA)个体对相同的应激情境表现出更高的焦虑水平,即使没有特别的诱发事件也具有较高的焦虑水平,是临床焦虑症、抑郁症等精神障碍的“易感人群”^[3-4]。

许多研究表明,HTA 个体及焦虑症患者对情绪信息尤其是负性情绪信息有更多的注意倾向^[5-6],但其注意偏向的神经机制尚不明确。目前对情绪注意偏向的研究主要集中于心理学认知行为^[7-9]及孤立脑区活动状态^[10-12]的研究,而对其脑功能网络却少有研究。人脑是一个高效复杂的“小世界”网络,不同的状态或疾病都会导致网络属性异常,脑网络

① 国家自然科学基金(61573305)和河北省自然科学基金(F2019203569)资助项目。
② 女,1964 年生,博士,教授;研究方向:认知神经电生理及脑网络;E-mail:shumeiji110@126.com
③ 通信作者,E-mail:123122122@qq.com
(收稿日期:2020-05-15)

的小世界属性及其各项特征参数的定量统计分析可为脑部疾病的诊断提供新的视角^[13-15]。脑网络研究发展迅速,已成为脑科学研究的关键领域,并将推动人工智能系统的发展。

本研究以脑电(electroencephalogram, EEG)信号源构建脑网络,应用同步似然方法分析网络属性参数,探讨 HTA 个体情绪注意偏向的脑网络特点,为焦虑症、抑郁症等精神障碍的认知功能神经机制研究提供新视角。

1 材料和方法

1.1 实验对象

采用 Spielberge 的状态-特质焦虑问卷^[2,9](state-trait anxiety inventory, STAI)中的“特质焦虑问卷”,对在校大学生进行问卷测试,依据得分高低分组。高特质焦虑组(HTA),入组标准为连续 30 d 问卷得分 50 分以上;低特质焦虑组(LTA)作为对照组,连续 30 d 问卷得分 37 分以下。为避免抑郁的

干扰,对以上所有入组者再行贝克抑郁量表的评定,选取得分小于 13 分者作为被试。最终选取 HTA、LTA 组各 15 名被试,对两组得分进行独立样本 *t* 检验($t=8.395, P<0.001$),HTA 组分数(54.48 ± 4.61)显著高于 LTA 分数(36.01 ± 3.40),表明对被试的分组有效、可行。所有被试均为右利手,视力或矫正视力正常,无其他精神或神经障碍,无脑外伤史,年龄在 18~24 岁,所有被试均签署知情同意书。

1.2 实验任务与 EEG 采集

采用面孔搜索实验范式,实验刺激材料选自 NimStim 情绪面孔图片库,选取 12 个不同人的面孔图片(男女各 6 人)每人选取高兴、愤怒和中性表情各 1 张,共选取 36 张情绪面孔图片。所有图片均由 Photoshop 处理为只保留面孔部分的灰度图像。将同一个人的 9 张情绪面孔合成一张 3×3 的矩阵图作为刺激图片,每个刺激图片均包含 8 张中性表情面孔(作为背景信息)和 1 张搜索目标表情面孔(分别为高兴面孔、中性面孔和愤怒面孔),目标表情面孔的位置随机,如图 1 所示。

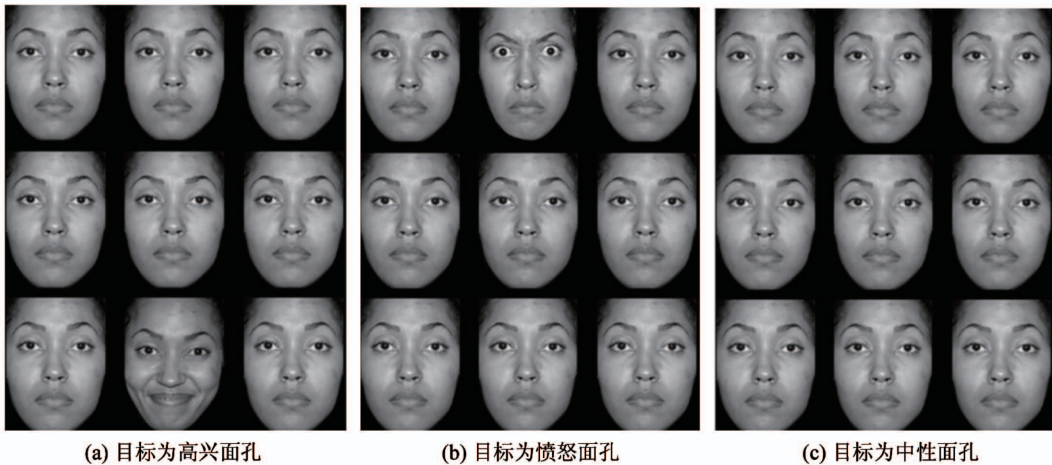


图 1 面孔搜索任务刺激材料

任务程序由 E-Prime 2.0 软件编写,实验流程如图 2 所示,每个试次开始,呈现“+”注视点 500 ms,接着呈现表情面孔刺激图片,呈现时间 3000 ms,要求被试尽快做出按键反应:当刺激图片中出现高兴表情时,要求被试按“H”键;出现愤怒表情时按“A”;当 9 个表情全部为中性时,要求被试按“空格”键。按键反应后进入下一个试次,共 36 个试次。

使用 Neuroscan 64 导脑电记录与分析系统采集

脑电,以单侧乳突为参考,离线处理时转为双侧乳突参考,E-prime 2.0 软件同时记录反应正确率等行为数据。使用 Scan 4.5 软件离线处理 EEG 数据,实现行为数据融合、参考转换、去除眼电、伪迹校正等预处理,按照被试的按键反应标签,对反应正确的 EEG 数据进行分类、分段(分段时程为刺激呈现前 100 ms 到刺激呈现后 1800 ms,即 -100 ms~1800 ms,以 -100 ms 数据视为基线),分别获得“高兴面孔”、

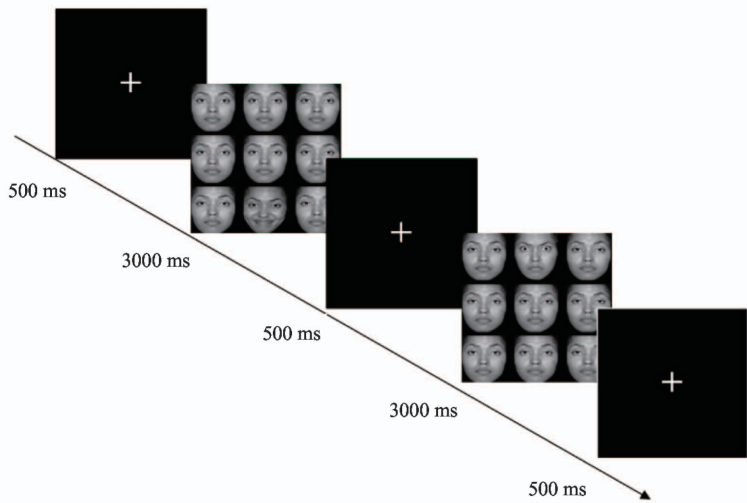


图 2 面孔搜索任务序列

“中性面孔”和“愤怒面孔” EEG 数据。每个被试选取 20 段相同标签的 EEG 数据段,提取 EEG 的 beta 节律(14 ~ 30 Hz)信号用于脑网络的构建与分析。

1.3 EEG 同步性分析与脑网络构建

大脑额叶、顶叶及颞叶主要参与注意、情感认知等高级认知功能,枕区负责视觉信息处理。本文选取额、顶、颞及枕区代表性的 49 个电极信号,将 EEG 记录电极作为网络节点,利用同步似然分析方法^[16]计算两脑区节点之间的关联性大小,建立同步似然系数矩阵;选取合适的阈值 T 对关联矩阵进行二值化,得到图论中表示边的二值矩阵,选用神经影

像脑连接组可视化软件 BrainNet Viewer(北京师范大学研发)对功能连接进行可视化,形成脑功能连接拓扑结构(如图 3 所示)。利用基于图论的脑网络参数计算方法,计算网络的整体属性参数(全局效率、聚类系数和特征路径长度)及节点属性参数(节点度)。

1.4 数据统计分析

所有数据以均值 $\pm$ 标准差($\bar{x} \pm SD$)表示。用 SPSS 17.0 软件进行被试组别(高特质焦虑组 HTA、低特质焦虑组 LTA) $\times$ 搜索面孔任务类型(高兴面孔、中性面孔和愤怒面孔)的两因素重复测量方差

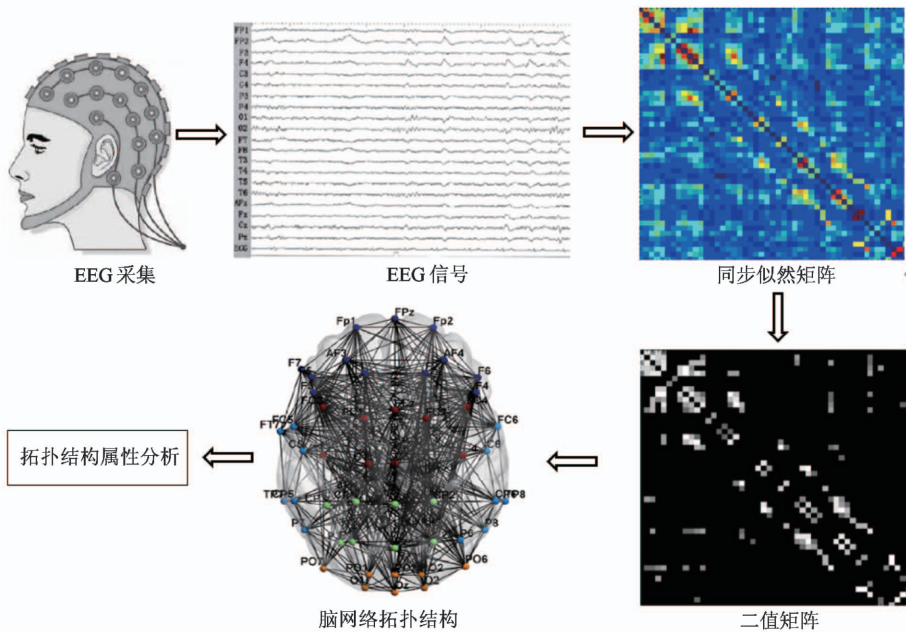


图 3 基于 EEG 的脑功能连接构建

分析,若存在交互效应,则进行简单效应分析,同一组别、不同任务类型间的比较行配对样本 t 检验(即组内比较),同一任务类型、不同组别间比较行独立样本 t 检验(即组间比较)。

2 结 果

2.1 脑网络节点间同步性分析

图 4 所示为 EEG beta 节律脑网络平均同步似然矩阵,3 种面孔搜索任务下(高兴面孔、中性面孔和愤怒面孔),HTA 被试脑网络平均同步似然值均高于 LTA,尤其是在愤怒面孔刺激下,二者的差异更加明显。表明 HTA 个体面孔表情认知功能下,脑区同步性增强,因而对情绪面孔尤其对负性情绪面孔更敏感。

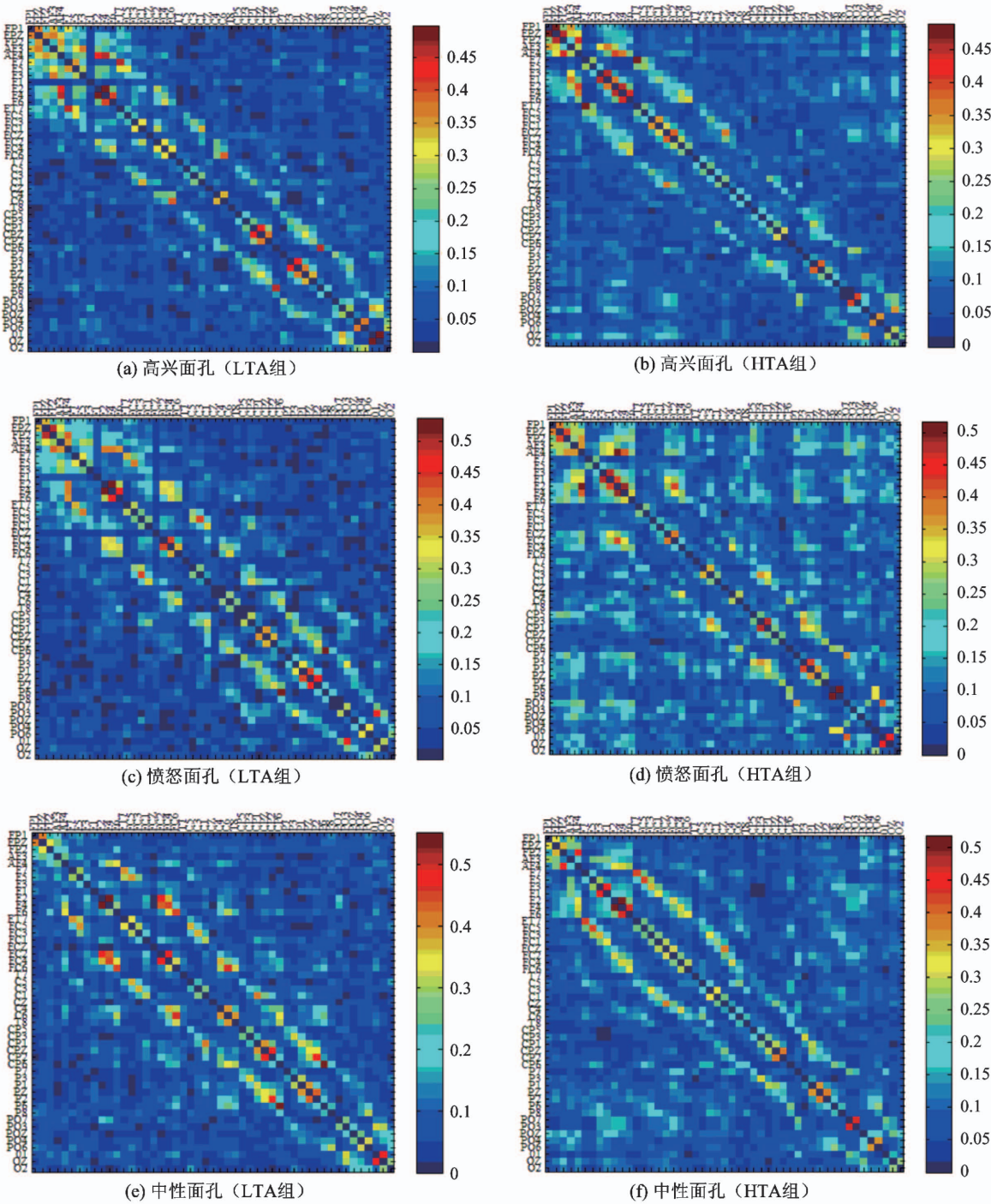


图 4 平均同步似然矩阵

2.2 阈值选取

已有研究表明^[17],构建网络邻接矩阵时,阈值 T 选取需保证功能连接的平均节点度($\bar{K}$)大于节点数(N)的自然对数,即 $\bar{K} > 2\ln N(N=49) = 7.784$,同时脑功能网络的稀疏度要小于 50%。图 5 所示为设置不同阈值(0.05: 0.01: 0.45)时网络平均节点

度及网络稀疏度的变化,满足要求的阈值范围为 $T \in [0.07, 0.12]$,且在此阈值范围内,HTA 组与 LTA 组脑网络平均节点度及稀疏度变化趋势相同,本研究选取适中阈值 $T=0.09$ 构建脑网络并进行统计学分析,图 6 为阈值 $T=0.09$ 时的脑网络拓扑结构。

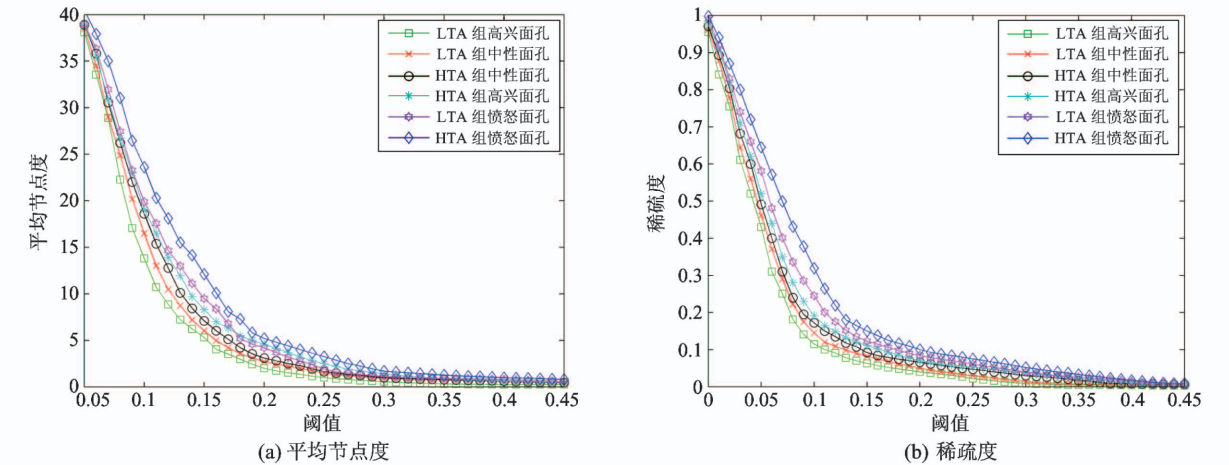


图 5 脑网络平均节点度、稀疏度随阈值变化

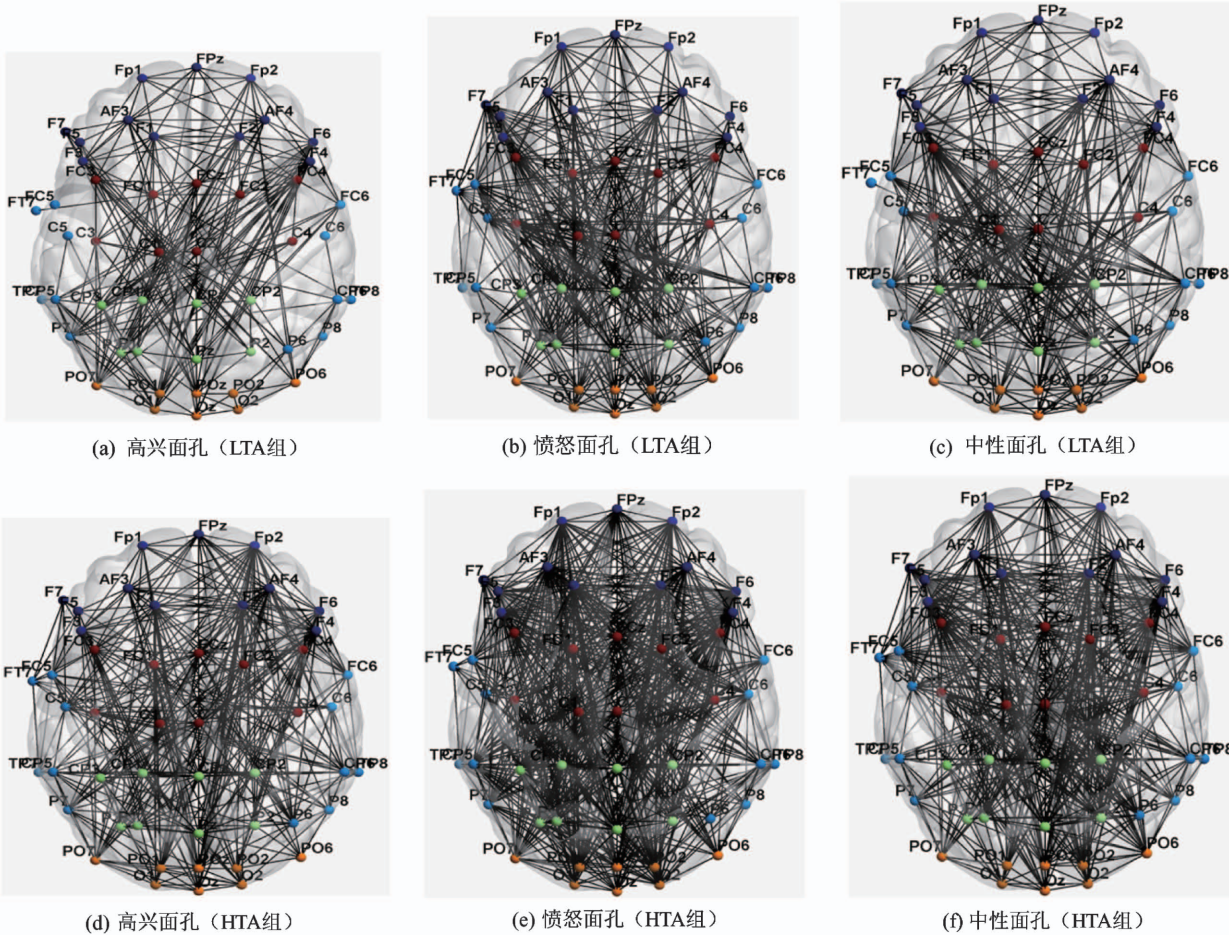


图 6 脑网络拓扑结构

由图 6 可知,HTA 被试脑网络均比 LTA 有较多的边连接,尤其在愤怒面孔刺激下,脑网络连接增强,表明 HTA 个体完成面孔表情识别任务时需调用更多脑资源,对情绪刺激、尤其对负性情绪刺激更加敏感。

2.3 脑网络属性参数分析

2.3.1 节点属性参数(节点度)分析

对网络平均节点度的重复测量方差分析结果显示(如表 1),被试组别(HTA、LTA)主效应显著($F_{1,28}=66.090, P<0.05$),搜索面孔类型(高兴面孔、中性面孔和愤怒面孔)主效应显著($F_{2,56}=136.123, P<0.05$),被试组别与搜索面孔类型的交互作用显著($F_{1,28}=9.03, P<0.05$)。进一步简单效应分析,被试内(组内)统计分析显示,两组被试均表现为愤怒面孔搜索任务下的脑网络平均节点度值明显大于其高兴面孔和中性面孔的值;被试间

(组间)统计结果表明,3 种面孔搜索任务下 HTA 组脑网络平均节点度值均明显大于 LTA 组的值,尤其是愤怒面孔搜索任务下,二者的差异更加明显($P<0.001$)。进一步对各个节点的节点度进行 t 检验,存在显著差异的节点如表 2 所示,主要位于额区(FP1, FP2, AF3, AF4, F6, F7)和颞区(FC5, FC6, CP5, CP6, T7, T8)。

表 1 脑网络平均节点度($\bar{x} \pm SD$)($n=15$)

面孔类型	组别	
	LTA	HTA
高兴面孔	17.12 ± 1.68	22.55 ± 2.42 *
愤怒面孔	22.86 ± 2.54 ^{#+}	27.26 ± 1.95 * ^{##+}
中性面孔	20.72 ± 1.71	22.37 ± 2.83 *

* $P<0.05$ vs LTA, ** $P<0.001$ vs LTA, [#] $P<0.05$ vs 高兴面孔, ⁺ $P<0.05$ vs 中性面孔

表 2 脑网络各节点的节点度($\bar{x} \pm SD$)($n=15$)

节点	面孔类型	组别		节点	面孔类型	组别	
		LTA	HTA			LTA	HTA
FP1	高兴面孔	18.11 ± 1.72	22.54 ± 2.01 *	FC5	高兴面孔	11.31 ± 1.24	20.25 ± 1.62 *
	愤怒面孔	21.52 ± 1.45 ^{#+}	24.55 ± 1.82 ^{##+}		愤怒面孔	19.75 ± 1.83 ^{#+}	24.03 ± 1.41 ^{##+}
	中性面孔	16.52 ± 2.63	22.11 ± 1.76 *		中性面孔	16.26 ± 2.32	20.35 ± 1.33 *
FP2	高兴面孔	19.07 ± 1.85	26.00 ± 1.46 *	FC6	高兴面孔	16.20 ± 1.57	17.52 ± 0.93 *
	愤怒面孔	21.52 ± 1.75 ^{#+}	29.16 ± 2.58 ^{##+}		愤怒面孔	17.73 ± 1.47 ^{#+}	26.16 ± 2.17 ^{##+}
	中性面孔	18.02 ± 1.32	19.24 ± 1.65 *		中性面孔	15.41 ± 2.54	17.59 ± 2.51 *
AF3	高兴面孔	18.62 ± 2.25	20.01 ± 1.74 *	CP5	高兴面孔	16.24 ± 2.08	25.50 ± 1.83 *
	愤怒面孔	19.55 ± 2.06 ^{#+}	21.63 ± 1.85 ^{##+}		愤怒面孔	24.12 ± 1.74 ^{#+}	30.27 ± 1.26 ^{##+}
	中性面孔	17.61 ± 2.13	19.52 ± 0.97 *		中性面孔	17.26 ± 1.43	21.78 ± 1.32 *
AF4	高兴面孔	22.77 ± 1.51	24.58 ± 2.02 *	CP6	高兴面孔	10.30 ± 2.75	23.06 ± 1.63 *
	愤怒面孔	24.23 ± 2.40 ^{#+}	30.23 ± 2.65 ^{##+}		愤怒面孔	15.91 ± 2.24 ^{#+}	28.18 ± 2.01 ^{##+}
	中性面孔	19.82 ± 1.21	20.34 ± 1.12		中性面孔	15.14 ± 1.60	16.25 ± 1.32
F6	高兴面孔	16.28 ± 1.56	23.34 ± 1.91 *	T7	高兴面孔	10.52 ± 1.67	13.98 ± 0.92 *
	愤怒面孔	21.36 ± 1.32 ^{#+}	24.59 ± 1.45 ^{##+}		愤怒面孔	12.42 ± 1.05 ^{#+}	15.73 ± 2.25 ^{##+}
	中性面孔	10.53 ± 2.58	22.7 ± 1.74 *		中性面孔	9.69 ± 0.83	10.08 ± 1.27
F7	高兴面孔	8.52 ± 2.76	21.53 ± 2.40 *	T8	高兴面孔	9.52 ± 1.31	12.14 ± 1.68 *
	愤怒面孔	15.53 ± 1.7 ^{#+}	22.12 ± 1.42 ^{##+}		愤怒面孔	12.22 ± 2.23 ^{#+}	14.53 ± 0.95 ^{##+}
	中性面孔	10.59 ± 1.64	18.05 ± 2.12 *		中性面孔	8.98 ± 1.34	13.42 ± 1.71 *

* $P<0.05$ vs LTA, ** $P<0.001$ vs LTA, [#] $P<0.05$ vs 高兴面孔, ⁺ $P<0.05$ vs 中性面孔

2.3.2 全局属性参数分析

对脑网络全局属性参数(聚类系数,特征路径

长度和全局效率)分别进行重复测量方差分析,3 个参数的被试组别(HTA、LTA)主效应均不显著($P>$

0.05);搜索面孔类型(高兴面孔、中性面孔和愤怒面孔)主效应显著,3 个参数的主效应分别为 $F_{2,56} = 19.868$ 、 $F_{2,56} = 22.034$ 、 $F_{2,56} = 5.451$, $P < 0.05$; 3 个参数的被试组别与搜索面孔类型交互效应显著,分别为 $F_{2,56} = 14.727$ 、 $F_{2,56} = 5.737$ 、 $F_{2,56} = 4.512$, $P < 0.05$ 。

进一步对两组被试的 3 个参数进行简单效应分析,结果如表 3 所示。被试内(组内)统计分析显示,HTA、LTA 被试其在 3 种面孔搜索任务的脑网络

参数均有显著差异,表现为愤怒面孔搜索任务下,被试脑网络聚类系数及全局效率明显大于高兴面孔和中性面孔的值,而特征路径长度小于高兴面孔和中性面孔的值。被试间(组间)统计结果表明,两组被试愤怒面孔搜索任务下的脑网络参数有明显差异(高兴面孔及中性面孔搜索任务下无差异),HTA 组被试的聚类系数、全局效率明显高于 LTA 组被试的值,而 HTA 被试的特征路径长度明显小于 LTA 被试的值。

表 3 脑网络全局属性参数($\bar{x} \pm SD$) ($n = 15$)

特征参数	面孔类型	组别	
		LTA	HTA
聚类系数	高兴面孔	0.5077 $\pm$ 0.0639	0.5030 $\pm$ 0.0560
	愤怒面孔	0.5416 $\pm$ 0.0558 ^{#+}	0.6253 $\pm$ 0.0384 ^{*#+}
	中性面孔	0.5076 $\pm$ 0.0624	0.5089 $\pm$ 0.1036
特征路径长度	高兴面孔	1.7937 $\pm$ 0.0758	1.7171 $\pm$ 0.1089
	愤怒面孔	1.6858 $\pm$ 0.0954 ^{#+}	1.5008 $\pm$ 0.0951 ^{*#+}
	中性面孔	1.8624 $\pm$ 0.1639	1.7567 $\pm$ 0.1149
全局效率	高兴面孔	0.0119 $\pm$ 0.0012	0.0133 $\pm$ 0.0021
	愤怒面孔	0.0125 $\pm$ 0.0009 ^{#+}	0.0165 $\pm$ 0.0021 ^{*#+}
	中性面孔	0.0115 $\pm$ 0.0015	0.0123 $\pm$ 0.0022

* $P < 0.05$ vs LTA, # $P < 0.05$ vs 高兴面孔, + $P < 0.05$ vs 中性面孔

3 讨论

本研究利用同步似然算法建立多个通道脑电信号间的相互关系,分析 HTA 个体面孔表情认知功能下脑网络的拓扑属性。同步似然方法是 Stam 等提出的基于广义同步的分析方法,通过分析两个或多个时间序列的非线性相互依赖关系,度量网络节点之间的相关性。该方法在 EEG 脑网络研究中应用较多,并取得了一定成果,为从脑网络角度评估精神障碍患者脑功能状态提供了支持^[16,18-19]。大脑的情感认知、注意控制等高级功能与 EEG 快速震荡的 beta 频段(14 ~ 30 Hz)密切相关,本研究探讨 beta 频段内脑网络特性。度量脑网络拓扑属性的参数主要包括节点属性参数(如节点度)及整体属性参数(如聚类系数、特征路径长度和全局效率)。节点度是反映网络特性的重要参数,节点度越大则该节点

的连接就越多,节点在网络中的地位也就越重要。聚类系数、特征路径长度和全局效率,是衡量网络整体属性的重要指标,是衡量脑功能网络内部集团化和连接紧密程度、度量网络的信息传输能力的重要参数。聚类系数越大、最短路径长度越短、网络全局效率越高,则网络内部集团化和连接紧密程度越高、网络节点间传递信息的速率就越快。

本研究对被试内进行 3 种不同面孔搜索任务的对比分析显示,HTA、LTA 两组被试愤怒面孔搜索任务下的节点属性参数(节点度)及整体属性参数均与其高兴面孔和中性面孔搜索任务有显著差异,表现为额区、颞区的脑网络节点度、聚类系数及全局效率均增大、最短路径长度减小,表明负性情绪认知功能下脑功能连接增强、网络全局传输能力增强,说明人对负性情绪刺激的加工更强,这在一定程度上支持“负性认知偏向理论”,即人对负性情绪信息具有较大的认知优势^[20]。

对 HTA、LTA 两组被试进行组间差异性分析表明,愤怒面孔搜索任务下,HTA 组被试的节点属性参数及整体属性参数均与 LTA 组有显著差异,表现为脑网络节点度、聚类系数及全局效率大于 LTA 组的值、最短路径长度小于 LTA 组的值;而高兴面孔和中性面孔搜索任务下,HTA 组被试仅节点属性参数与 LTA 组有显著差异(整体属性参数无显著差异),表现为额区、颞区的脑网络节点度大于 LTA 组的值。以上结果提示,相比于 LTA 组,HTA 组被试对情绪信息、尤其是负性情绪信息更加敏感。

本研究结果显示,情绪面孔刺激下(尤其是愤怒面孔刺激下),HTA 组额叶、颞叶存在异常连接,额叶和颞叶的节点度均高于 LTA 组,提示 HTA 个体对负性情绪刺激的注意偏向主要是由于额叶及颞叶相关脑区功能连接的改变所导致。大脑皮层前边缘网络,主要负责调节复杂的社会、情感行为,是情感认知及情绪调控的高级中枢^[21]。该网络主要包含前额叶皮质、颞叶前部的杏仁核和脑岛、扣带前回,杏仁核是调节情绪的核心区域,以杏仁核为中心的前边缘网络活动异常可能是导致焦虑障碍发生的主要原因。

4 结 论

本研究从脑网络水平探讨了 HTA 个体的脑功能特点,HTA 个体对情绪信息尤其是负性情绪信息更加敏感,其神经机制可能与其情绪认知功能下(尤其负性情绪认知功能下)额、颞叶的前边缘网络活动异常增强,脑网络内部集团化程度、网络的信息传输能力异常增强有关。目前大多数脑网络研究集中于无向网络,本研究利用同步似然方法建立的脑功能网络属于无向网络,无向网络未能反映脑功能网络中非常重要的方向信息,未来的研究需要进一步构建有向的功能网络来刻画不同脑区连接的方向性及其神经活动之间的因果关系,为焦虑症、抑郁症等精神障碍的脑网络异常提供更多信息。

参考文献

[1] 丁露露,郭建友. 特质焦虑的神经生物学因素及其对个体认知表现的影响[J]. 中国临床药理学与治疗学,

2020, 25(1):101-106

- [2] 梁丽美,李佳根,贾江晓,等. 不同性质的评价对特质焦虑者抑制功能影响的 ERP 研究[J]. 心理与行为研究, 2018, 16(3):335-341
- [3] Cho S, White K H, Yang Y, et al. The role of trait anxiety in the selection of emotion regulation strategies and subsequent effectiveness[J]. *Personality and Individual Differences*, 2019, 147:326-331
- [4] Duan H J, Wang X W, Wang Z J, et al. Acute stress shapes creative cognition in trait anxiety[J]. *Frontiers in Psychology*, 2019, 10:1-11
- [5] Xia L Y, Cui L X, Zhang Q, et al. Mechanisms of attentional selection bias for threatening emotions of anger and disgust in individuals with high-trait anxiety [J]. *Neuroreport*, 2018, 29(4):291-300
- [6] Chen J W, Milne K, Dayman J, et al. Interpretation bias and social anxiety: does interpretation bias mediate the relationship between trait social anxiety and state anxiety responses[J]. *Cognition and Emotion*, 2019, 33(4):630-645
- [7] Weger M, Sandi C. High anxiety trait: a vulnerable phenotype for stress-induced depression [J]. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 2018, 87:27-37
- [8] Berggren N, Derakshan N. Attentional control deficits in trait anxiety: why you see them and why you don't[J]. *Biological Psychology*, 2013, 92(3):440-446
- [9] 贾丽萍,卢国华,宋玉萍,等. 负性情绪启动对特质焦虑个体行为抑制的影响机制[J]. 心理与行为研究, 2019, 17(5):604-612
- [10] 童梓顺,肖攀攀,刘赟. 广泛性焦虑症首次发病患者治疗前后前额叶皮质及海马神经生化物质的变化[J]. 临床精神医学杂志, 2015, 25(1):23-26
- [11] Qin S Z, Christina B Y, Duan X J, et al. Amygdala subregional structure and intrinsic functional connectivity predicts individual differences in anxiety during early childhood[J]. *Biological Psychiatry*, 2014, 75(11):892-900
- [12] Hu Y, Moore M, Bertels Z, et al. Smaller amygdala volume and increased neuroticism predict anxiety symptoms in healthy subjects: a volumetric approach using manual tracing[J]. *Neuropsychologia*, 2017, 132(11):1-10
- [13] Madelaine D, Neda J, Nir T M, et al. Rich club analysis in the Alzheimer's disease connectome reveals a relatively undisturbed structural core network [J]. *Human Brain Mapping*, 2015, 36(8):3087-3103
- [14] 袁勤,蒋涛. 基于格兰杰因果方法的注意脑电网络分析[J]. 生物医学工程学杂志, 2016, 33(1):56-60
- [15] 朱雪玲,袁福来. 基于区域的抑郁症默认网络内部功能连接研究[J]. 中国临床心理学杂志, 2016, 24

(2): 218-220

[16] 李莉,陈静静,郑旭媛. 基于同步似然分析的阿尔茨海默症静息态脑电功能连接特性的研究[J]. 生物医学工程学杂志, 2015, 32(5): 952-957

[17] Thilaga M, Vijayalakshmi R, Nadarajan R, et al. A heuristic branch-and-bound based thresholding algorithm for unveiling cognitive activity from EEG data [J]. *Neurocomputing*, 2015, 170(25):32-46

[18] 刘威,李海江,邱江,等. 抑郁症的脑网络失调:来自图论分析的证据[J]. 心理科学进展, 2015, 23(1): 85-92

[19] Sheffield J M, Rogers B P, Blackford J U, et al. Accelerated aging of functional brain networks supporting cognitive function in psychotic disorders [J]. *Biological Psychiatry*, 2019, 86(31): 240-248

[20] Batty M, Taylor M J. Early processing of the six basic facial emotional expressions [J]. *Cognitive Brain Research*, 2003(17): 613-620

[21] Hu Y F, Dolcos S. Trait anxiety mediates the link between inferior frontal cortex volume and negative affective bias in healthy adults [J]. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 2017, 12(5): 775-782

Study on brain network of emotion attention bias in high trait anxious individuals

Ji Shumei^{***}, Xun Xingmiao^{***}, Bu Xinxin^{***}, Liu Qing^{***}, Li Jie^{***}, Xu Quansheng^{***}
(^{*} Institute of Health Technology, Yanshan University, Qinhuangdao 066004)
(^{**} Institute of Biomedical Engineering, Yanshan University, Qinhuangdao 066004)

Abstract

The topological structure and attributes of brain network are analyzed by the complex network analysis method to explore the brain function mechanism of emotional attention bias in individuals with high trait anxiety. Fifteen volunteers with high trait anxiety (HTA) and 15 volunteers with low trait anxiety (LTA) are selected to perform the task of searching for three emotional faces (happy, neutral and angry), and 64-channel electroencephalogram (EEG) is recorded simultaneously. Synchronous likelihood analysis is performed on EEG, the overall attribute parameters (global efficiency, clustering coefficient and characteristic path length) and node attribute parameters (node degree) of the network are calculated. The intra-group statistical analysis shows that in both the HTA and LTA groups, the node degrees of frontal and temporal lobe, clustering coefficient and global efficiency under angry face search task are significantly larger than the values of happy and neutral faces, while the characteristic path length is smaller than those of happy and neutral faces. The statistical analysis between groups shows that the node degrees of frontal and temporal lobe in HTA group are significantly larger than those in LTA group under the three face search tasks. In particular, the difference between the HTA and LTA groups is more obvious ($P < 0.001$) under the angry face search task. Both the node attribute parameters and the overall attribute parameters of the HTA group are significantly different from those of the LTA group under the anger face search task, while there is significant difference only in node attribute parameters (not in the overall attribute parameters) between the HTA and LTA groups under happy and neutral face search tasks. As a result, HTA individuals are sensitive to emotional (especially negative emotional) information, the neural mechanism may be related to enhanced activity of frontal and temporal lobes and enhanced activity of brain network information transmission. This study explores the brain function characteristics of emotional cognition in HTA individuals from the level of brain network, which can provide a new perspective for revealing the cognitive neural mechanism of mental disorders such as anxiety disorder and depression.

Key words: trait anxiety, emotion recognition, attention bias, brain network, synchronous likelihood analysis