场独立-场依存认知风格影响创造性思维的大脑功能基础

郭蝉瑜^{1,2}, 庄恺祥^{1,2}, 谭柳^{1,2}, 曾荣灿^{1,2}, 佟浩^{1,2}, 邱江^{1,2*}, 曹贵康^{1,2*}

1. 西南大学心理学部, 重庆 400715;

2. 认知与人格教育部重点实验室, 重庆 400715

* 联系人, E-mail: qiujiang318@swu.edu.cn; cgk@swu.edu.cn

2020-10-27 收稿, 2021-01-11 修回, 2021-01-12 接受, 2021-01-13 网络版发表

国家自然科学基金(32071070)资助

摘要 采用镶嵌图形测验、托兰斯创造性思维测验, 探讨了场独立-场依存认知风格与创造性在大脑功能基础方面的联系. 首先, 采用功能磁共振技术(functional magnetic resonance imaging, fMRI)计算西南某高校414名大学生被试的度中心性(degree centrality, DC), 然后与创造性思维进行回归计算, 最后将得到的脑区与认知风格、创造性思维进行中介效应分析. 结果发现, 创造性思维与大脑静息态度中心性之间呈现正相关的脑区为右侧颞上回、右侧前扣带回、左侧颞上回、右侧额中回和左侧壳核, 其中右侧前扣带回、右侧额中回的度中心性在认知风格和创造性思维上存在部分中介效应. 前扣带回和右侧额中回是认知控制的关键脑区, 因此本研究推测场独立-场依存认知风格有部分路径通过认知控制从而影响了创造性思维, 即认知风格更偏向场独立的个体, 认知控制能力可能会更好, 更能够排除无关信息进而集中注意力, 拥有更高的认知灵活性, 从而能够在创造性思维的测验中获得更好的成绩. 这些发现有助于从大脑功能基础的角度来加深对场独立-场依存认知风格和创造性之间复杂关系的理解.

关键词 创造性思维, 认知风格, 度中心性, 认知控制

创造性(creativity)又叫作创造力(在英语中, 创造力又常用creative ability), 意为创造、创建、生产和造就等. 在创造性活动过程中, 个体创造性的具体表现是创造性思维, 核心是发散思维, 即从给定的信息中产生信息, 从同一来源中产生多种多样、数量庞大的输出^[1]. 创造性的影响因素众多, 不仅依赖于个体所拥有的基本素质、也与周围环境系统密不可分. 其中有一个很重要的影响因素是认知风格, 认知风格是指个体在感知、学习、思考、解决问题以及与他人交往时所表现出的习惯化的行为模式^[2]. 认知风格影响人们如何看待他们获取信息的环境、如何组织和解释这些信息, 以及如何采用这些解释来指导个体的行为^[3]. 其中场独立-场依存认知风格(field dependency-independence, FDI)是目前研究中最为常见的维度, 采用嵌入式图形

的测量方法评估个体的认知风格特点. 该测量方法通过让被试选择出位于复杂图形中的简单图形, 从而分辨被试依赖性的强弱高低, 依赖性较高的为场依存型认知风格, 较低的为场独立型认知风格. 认知风格与个体的认知功能、人格与社会行为都有着显著的关系^[4]. 场独立的个体将最重要的信息从环境中分离出来的难度较小, 更容易受到内部线索而非外部线索的影响, 在信息的输入方面也更有选择性^[5], 而且在学习成绩方面, 比场依存的个体平均成绩要高^[6,7]. 场独立型认知风格的被试更倾向于关注待处理信息的全局, 而场依存型被试更倾向于关注局部^[8]. 在有分心刺激的听觉和视觉任务下, 场独立型被试能够较好地控制分心, 尽可能地集中注意力, 而场依存的被试在有选择地注意相关线索方面会遇到更大的困难^[9]. 场独立的被试在问题提

引用格式: 郭蝉瑜, 庄恺祥, 谭柳, 等. 场独立-场依存认知风格影响创造性思维的大脑功能基础. 科学通报, 2021, 66: 2430–2440

Guo C Y, Zhuang K X, Tan L, et al. The brain functional bases of field-dependent/field-independent cognitive styles and creative thinking (in Chinese). Chin Sci Bull, 2021, 66: 2430–2440, doi: [10.1360/TB-2020-1129](https://doi.org/10.1360/TB-2020-1129)

出的能力以及问题的复杂性方面也要优于场依存的被试^[10]。场独立型的个体可能更擅长认知重组的任务,而场依存型的个体可能在人际交往过程中表现更好^[11]。

近些年关于场独立-场依存认知风格与创造性的关系在行为层面的研究比较多,大部分研究都认为场独立型认知风格的个体具有更高的创造性。研究发现,被归类为独立于领域而非依赖于领域的个体有可能会获得更高的创造性得分,也就是说个体的领域越独立,创造性发展就越好^[12]。而且认知风格不仅能够影响个体的创造性思维,也能够影响创造性动机。研究发现,创造性动机与认知风格相关显著,会随着对问题解决过程感知的增加而发生变化^[13]。认知风格能够介导开放情境下认知抑制与创造性科学问题发现之间的关系,即认知抑制程度高的个体更倾向于进行场独立的认知风格,更能够在开放情境下发现创造性科学问题^[14]。场独立认知风格的学生在解决与创造性紧密相关的数学统计问题时,能够额外再提出新的质量更高的问题,而场依存的学生只能完成已提出的问题,并不能基于该问题提出新的问题^[15]。同时,眼动追踪方面的实验也发现了场独立-场依存认知风格与创造性之间的关系,在实验给出的视觉刺激中,场独立个体分配的注视次数更少且创造性水平较高,即关注刺激的局部而不是整体预示着更高的创造性^[16]。除了成年人的研究,在儿童中也发现场独立与场依存的个体在游戏和创造性之间存在着显著差异^[17]。

大量研究发现,创造性的脑区集中在额顶叶区域。创造性认知主要涉及执行功能系统,主要分为内侧前额叶与外侧前额叶通路以及外侧前额叶(包括额下回、背外侧前额叶)的结构特征^[18]。对额叶损伤的被试进行研究发现,额顶控制网络(背外侧前额叶)受损后,会影响对远距离概念进行适当组合的能力,进而影响创造性远距离联想^[19]。利用视觉空间方面的创造性能力测试,结果发现,视觉创造性的独特性和流畅性指标与右侧颞中回以及左侧多个脑区(涉及前额叶、枕叶、顶叶及颞叶的多个区域)的皮层厚度成正相关,且这种相关关系不受年龄因素的影响,在成人和青少年身上表现出几乎相同的趋势^[20]。研究发现,创造性是默认网络和额顶网络共同作用的结果,额顶网络在默认网络和创造性之间的关系中起到中介的作用^[21]。除了目前的相关研究,额顶叶区域也能够预测创造性的发展。有研究发现,右侧背外前额叶皮层、额顶和额颞叶网络的纵向变化能够预测未来的创造性认知能力。背

外侧前额叶的灰质密度可以显著预测个体3年后的创造性思维能力,行为-脑结合指标的预测率可达到30%;此外,额颞、额顶网络灰质密度缓慢减少有利于个体创造性能力的提升,且这一效应受到个体自身背外侧前额叶大小以及工作记忆高低的调节^[22]。除了额顶叶区域,前扣带回也是一个重要的区域,比如艺术家在进行创作的时候右侧前扣带回区域被明显激活^[23]。除此之外,前扣带回还能够影响个体的创造性成就^[24]和创造性问题的解决^[25],且左侧前部扣带回、双侧额下回和额中回被认为与创造性方面的执行功能有着紧密的联系,因为这些区域在高级认知控制发生时会被激活^[26]。基于之前的研究,我们发现,创造性的脑区多集中在额顶叶区域和前扣带回区域。

我们对认知风格影响创造性的大脑机制进行了梳理。场独立-场依存认知风格与创造性在认知神经方面的相关研究相对较少,但也有研究表明,额顶叶和前扣带回在认知风格和创造性的关系中起着重要的作用。例如有研究将认知风格与低频振幅做关联,发现认知风格与左侧顶下小叶等额顶叶区域的低频振幅相关显著,额顶叶网络由顶下小叶、腹内侧前额叶皮层、楔前叶、背侧额叶以及中扣带回等区域组成^[27]。研究发现,认知风格可以通过左侧顶下小叶影响创造性思维中的灵活性,也就是说左侧顶下小叶的灰质体积在认知风格与创造性思维中间起到了中介的作用。同时左侧顶下小叶-楔前叶的功能连接强度在认知风格与创造性思维的灵活性之间也起到了中介的作用^[28]。这个研究认为,左侧顶下小叶涉及局部知觉加工,场独立个体的局部知觉加工能力更强,从而更能接受新奇事物,进而影响创造性思维中的灵活性。研究表明,额顶叶网络负责注意力、视觉空间工作记忆和认知控制^[29],尤其是认知控制,创造性成就表现更好的个体比表现较差的个体在认知控制能力方面成绩更好^[30]。认知控制能力更强的个体思维也更加灵活,更能够抑制无关干扰信息,因此创造性更好^[31]。研究发现,前扣带回能够影响个体的认知控制机制继而影响创造性思维^[25],而认知风格越偏向于场独立,认知控制能力更强^[32],因此前扣带回区域与认知风格和创造性的高级认知控制都息息相关。

综上所述,场独立-场依存认知风格和创造性思维之间可能存在密切关系,它们之间可能有共同参与的相似的大脑功能连接。但是,很少有直接的证据来证明这种复杂的关系,且每一种探究认知神经机制的方法都

有其特定的功能及优缺点,不同的技术会导致不同的脑区或者结果.功能磁共振技术有着很高的空间分辨率,结果更加精确^[33].近些年来,研究人员经常采用图论的网络分析来探索大脑的功能连接^[34,35],这种方法可以描述全脑网络的功能连接.尤其是度中心性,它是一种基于图论的网络度量,目前被广泛地运用.这种方法考虑到给定区域与整个功能连接体的关系,反映出某个脑区在全脑中的重要程度,更能够让我们从整体上把握功能连接体的复杂性^[36].目前已有研究采用功能连接的方式来探究创造性的大脑机制^[28],关于度中心性的方法研究较少,而这种方法可以更准确地把握创造过程中特定脑区在全脑中的作用,更好地探究认知风格影响创造性思维的大脑功能连接机制.

因此本研究在验证场独立-场依存认知风格与创造性思维关系的基础上,采用度中心性的方法,从功能连接的整体角度出发,关注个体间差异,探索认知风格影响创造性思维的大脑功能基础.本研究假设:场独立-场依存认知风格可能会通过影响认知控制的脑区——额顶叶区域和前扣带回,从而影响创造性思维.

1 材料和方法

1.1 被试

西南某高校的学生414人,通过校内网络及学院宣传等形式招募,是课题组研究项目的一部分.其中女生221人,男生193人,平均年龄为 20.00 ± 1.26 岁.实验开始前每位被试都签署过实验知情同意书,对被试进行基本精神状况、心理紊乱以及药物滥用的检测,同时调查了被试的左右利手,实验后给被试付相应的报酬.

考虑到头动对静息态数据质量的影响,删除22名头动过大的被试,共392名被试,男生179人,平均年龄为 19.99 ± 1.24 岁.

1.2 研究材料

1.2.1 场独立-场依存认知风格测验

场独立-场依存认知风格的测量方法采用由北京师范大学1998年修订的镶嵌图形测验(embedded figures test, EFT)中文版.施测前由主试口述指导语,被试填写纸质问卷,计时5 min,时间结束后无论被试是否完成全部问题均需要回收测验.

镶嵌图形测验包含练习部分、B部分和C部分3个部分,分别有9、10和10道题目.被试需要成功找到隐

藏在复杂图形中的简单图形方可获得分数,计时5 min.在除了练习部分以外的20道题目中被试找到的正确简单图形的数目则为被试的场独立-场依存认知风格得分.镶嵌图形测验具有良好的信效度,效度系数根据EFT分数与框棒测验之间的皮尔逊相关得到, $r=0.49$.信度系数由修订的EFT测验部分B和C之间的皮尔逊相关得到, $r=0.09$.难度分布为 $0.97 \sim 0.21$,区分度分布为 $0.17 \sim 0.94$ ^[37].

1.2.2 创造性思维测验

创造性思维的测量方法采用托兰斯创造性思维测验(Torrance test of creative thinking, TTCT).该测验由美国明尼苏达大学在1966年编制,适用于各个年龄段的被试,是目前使用较为广泛的测验工具.该测验工具分为托兰斯言语创造性测验与托兰斯图画创造性测验.本研究选用的是纸质的言语创造性测验,一共包含7个项目,前3个项目根据给定图画进行作答,每个项目有5 min的限定时间作答.第4个项目根据图画中的玩具象进行改进,力图越新奇有趣分数越高,该项目有10 min的限定时间作答.第5个项目是一物多用题目,要求被试尽可能多地想出纸盒的多功能用途,该项目有10 min的限定时间作答.第6个项目是根据纸盒想出不同的问题,比如你如何能使猫咪喜欢待在纸盒里面玩耍,该项目有5 min的限定时间作答.第7个项目要求被试根据一个不可能出现的场景(云彩上系着许多绳子,悬到了地面,这将会发生什么)进行合适的想象,想法越多越新奇,得分越高.由3位评分者进行评分,创造性思维分数包括独创性、灵活性、流畅性以及总分,独创性的计分规则为根据反应占总体反应的比率,比率越少得分越多;灵活性的计分规则为被试反应个数的不同种类;流畅性的积分规则为所有被试作出的有意义并且相关的反应个数的总和^[38,39].3位评分者的评分者信度为0.9.独创性、灵活性和流畅性的内部一致性系数分别为0.76、0.69、0.86,7个项目的内部一致性系数分别为0.84、0.84、0.85、0.85、0.92、0.55、0.79.

1.2.3 瑞文智力测验

智力的测验采用中文版的联合型瑞文推理测验(combined ravens test, CRT)进行测量,由包含A、B、AB三部分的瑞文推理测验彩色以及包含C、D、E三部分瑞文推理测验标准版组成,每个部分都有12道题目,答对一个题目得1分.测试时间为40 min,被试要在规定时间内完成测验.该量表施测简便,较为省时省力,既可个体施测,也可团体施测.该测验使用较为广泛,

测量间一致性克龙巴赫系数为0.93, 效度 $r=0.56^{[40]}$ 。所有数据采集来源为课题组多模态数据集, 涉及的问卷均按同样的顺序编排成册对被试进行施测。

1.3 MRI数据采集

所有被试的功能磁共振成像数据均由Siemens Trio 3T磁共振扫描器采集。采用8通道的头部线圈的扫描器。在采集过程中, 被试被要求保持平躺, 头部和身体不要移动, 闭上眼睛放松, 但不能够睡着, 并且不能够想某件特殊的事情。同时用相应的泡沫块固定在被试的头部两侧位置, 以减少因为被试头部运动带来的问题。静息态扫描使用梯度回波EPI序列(GRE-EPI)在8 min的时间内连续采集242个全脑静息态3D影像。扫描参数为: 重复时间(repetition time, TR)=2000 ms; 回波时间(echo time, TE)=30 ms; 翻转角(flip angle, FA)=9°; 矩阵大小(matrix)=64×64; 视野大小(field of vision, FOV)=192 mm×192 mm; 层数(slice)=32; 厚度(thickness)=3 mm; 层间距(distance between slice)=1 mm; 体素大小(voxel size)=3.4 mm×3.4 mm×4 mm。

1.4 MRI数据预处理与度中心性计算

采用MATLAB的DPARSF软件(<http://resting-fmri.sourceforge.net/>)对MRI图像进行数据预处理。首先检查每个被试的脑成像质量高低, 删除那些扫描不全或者有伪影的脑影像数据。将扫描后保存的原始数据格式DICOM转化为NIFTI格式; 再删除扫描的前10个时间点数据, 这是由于被试刚进入扫描仪时可能会有不适导致的头动或者磁共振在刚启动时信号可能不稳定, 而后使用剩余的232个时间点的脑影像数据。在逐层扫描过程中, 可能会有信号误差, 原因是每一层的扫描时间都不尽相同, 因此采集的脑影像数据需要进行时间层矫正。进行头动矫正以解决被试在扫描过程中头动的问题。采用EPI模板, 将数据从原始空间映射到MNI空间(Montreal Neurological Institute (MNI) space), 体素大小为3 mm×3 mm×3 mm。去除线性趋势, 并将全脑信号、脑脊液信号、白质信号及24个头动参数作为协变量进行回归。滤波(0.01~0.1 Hz)以去除低频信号漂移及高频生理噪声; 采用4 mm平滑核进行平滑。在完成以上处理后, 为进一步减少头动对数据造成的影响, 将头动(framewise-dependent, FD value)大于0.5的EPI数据(连同前1个时间点及后2个时间点数据)去除。

度中心性(degree centrality, DC)认为如果一个体素

与大脑中的许多其他体素有很强的联系, 那么这个体素的价值是非常重大的^[36]。在度中心性计算中, 采用预处理fMRI数据计算全脑功能相关性分析, 分别提取大脑中每一个体素的BOLD时间序列与其他体素进行相关, 对相关系数超过0.25的体素进行度中心性计算, 度中心性的计算分为加权计算(weighted)和无权计算(bi-naried)。度中心性加权网络中每条边都有度量连接强度的值, 这个值能够更细致地刻画复杂网络节点的关系和作用。而无权网络仅仅考虑拓扑结果, 而未考虑拓扑的结构, 认为节点之间的关系是二分的, 要么有联系要么无关联。本研究采用加权的度中心性计算, 计算公式为 $DC(i)=\sum a_{ij}$, 此处 $j=1\cdots N$, $i\neq j$ (j 是与 i 直接相关的节点), 采用Z值转换过的计算结果。

1.5 统计分析

行为数据采用SPSS22.0统计软件进行分析。全脑的统计分析使用SPM8软件进行, 使用全脑多元回归分析来研究度中心性与创造性思维之间的关系, 之前有研究认为年龄、性别和智力会影响大脑的结构与功能发展^[41,42], 所以将年龄、性别和智力作为无关变量进行控制。采用NS方法进行校正, 校正后簇水平阈值为 $P<0.05$, 将通过校正的脑区采用REST提取信号值作为度中心性强度。

为了检验中介效应是否存在, 本研究将创造性思维总分作为因变量, 将度中心性的结果脑区所在的团块采用MATLAB中的REX软件提取度中心性强度值, 认知风格作为自变量, 采用SPSS22.0软件和Hayes (2013)编制的Process插件进行中介统计分析^[43]。该插件采用Bootstrap(偏差校对非参数百分位)方法进行数据统计分析, 以原样本的数量为基础进行重复抽样, 抽样保证每个观察单位每一次被抽到的概率都相等。将得到的样本建立间接效应的估计值进而排序, 得到序列, 序列中的百分位值就是置信区间, 再看置信区间是否包含0, 从而判断是否存在中介效应。如果置信区间内包含0, 那么中介效应不存在, 不包含0则中介效应存在。研究抽取样本的数量为5000, 置信区间为95%, 选择76个典型模型中的模型4, 进行中介效应分析。

2 研究结果

2.1 描述性统计和相关关系统计结果

人口学变量以及认知风格、智力和创造性思维的

描述性统计和相关关系统计结果见表1. 计算场独立-场依存认知风格与创造性思维的3个子维度及总分之间的相关关系, 结果如下: 认知风格的分数与独创性、流畅性显著正相关, 与灵活性和创造性思维总分极其显著正相关. 创造性思维总分和其他3个子维度之间均为极其显著正相关.

2.2 度中心性结果

将性别、年龄和智力作为无关变量, 创造性思维与度中心性之间呈现正相关的脑区包括右侧颞上回、右侧前扣带回、左侧颞上回、右侧额中回和左侧壳核, 结果见表2和图1.

2.3 中介效应分析结果

中介效应分析结果表明, 右侧前扣带回的度中心性在场独立-场依存认知风格和创造性思维上的置信区间为[0.0038, 0.4819]. 进一步分析 $c'=0.143$, $P<0.01$, 因此右侧前扣带回的度中心性在场独立-场依存认知风格和创造性思维上的中介效应为部分中介效应, 如

图2(a)所示.

右侧额中回的度中心性在场独立-场依存认知风格和创造性思维上的置信区间为[0.0259, 0.5614]. 进一步分析 $c'=0.138$, $P<0.01$, 因此右侧额中回的度中心性在场独立-场依存认知风格和创造性思维上的中介效应为部分中介效应, 如图2(b)所示.

此外, 右侧颞上回、左侧颞上回、左侧壳核在场独立-场依存认知风格和创造性思维之间的中介效应均不显著.

3 讨论

本研究通过一个较大的样本探索了场独立-场依存认知风格、创造性思维、大脑度中心性之间的关系. 行为结果发现, 场独立-场依存认知风格与创造性思维总分及3个子维度都有显著的相关关系, 其中与灵活性和创造性思维总分极其显著相关. 也就是说, 场独立性越高的个体创造性思维更好, 而场依存的个体创造性思维较差. 这与之前的许多研究一致^[12,14,15,44].

基于度中心性的研究证明了场独立-场依存认知风

表 1 人口学变量、描述性统计结果和相关关系统计($n=414$)^{a)}

Table 1 Demographic variables, descriptive statistical results, and correlation statistics ($n=414$)

	平均数 (<i>M</i>)	标准差 (<i>SD</i>)	范围	1	2	3	4	5
年龄(岁)	20.00	1.26	17~27					
瑞文智力	65.70	3.89	47~72					
1, 认知风格	13.87	3.13	5~20	1				
2, 独创性	45.17	16.35	9.33~118.25	0.125*	1			
3, 灵活性	26.61	6.25	9.67~45.25	0.196**	0.815**	1		
4, 流畅性	56.94	18.40	15.00~126.75	0.115*	0.874**	0.842**	1	
5, TTCT总分	128.72	39.13	36.67~279.25	0.138**	0.959**	0.896**	0.970**	1

a) * $P<0.05$; ** $P<0.01$

表 2 与创造性思维显著相关的度中心性结果($n=392$)

Table 2 DC results of significant correlation with creative thinking ($n=392$)

极值脑区	半球	坐标			体素个数	<i>t</i> 值
		<i>x</i>	<i>y</i>	<i>z</i>		
颞上回	右	-60	-18	3	99	3.93
前扣带回	右	9	27	21	48	3.74
颞上回	左	-48	-15	0	106	3.57
额中回	右	45	39	30	201	3.39
壳核	左	-15	9	-9	42	3.32

图 1 (网络版彩色)创造性思维与度中心性之间呈现正相关的脑区包括右侧颞上回、右侧前扣带回、左侧颞上回、右侧额中回和左侧壳核
Figure 1 (Color online) Brain regions that showed a positive correlation between creative thinking and DC: The right superior temporal gyrus (rSTG), right anterior cingulate cortex (rACC), left superior temporal gyrus (ISTG), right middle frontal gyrus (rMFG), and left putamen

图 2 (网络版彩色)右侧前扣带回在认知风格和创造性思维总分之间的中介效应分析。(a) 路径 $a=0.09$, $P=0.075$ 边缘显著, 中介效应显著. $^{**}P<0.01$ 。(b) 路径 $a=0.092$, $P=0.069$ 边缘显著, 中介效应显著. $^{**}P<0.01$

Figure 2 (Color online) Mediating effect analysis of rACC between cognitive styles and total creative thinking scores. (a) Path a is marginal significant and the mediating effect is significant ($a=0.09$, $P=0.075$). $^{**}P<0.01$. (b) Path a is marginal significant and the mediating effect is significant ($a=0.092$, $P=0.069$). $^{**}P<0.01$

格能通过某个脑区对创造性思维有显著的影响。研究发现, 右侧颞上回、右侧前扣带回、左侧颞上回、右侧额中回、左侧壳核的度中心性与创造性思维的关系显著。双侧颞上回被证明和语言处理区域显著相关^[45], 且左侧颞上回与被试的言语感知有重要的联系^[46], 是参与自动概念启动和情感启动效应的大脑区域, 涉及了一般的词汇语义处理^[47]。这种语言分析不仅涉及口语, 也涉及书面语言的处理^[48]。除了左脑颞上回, 右脑颞叶也是言语创造性活动产生的重要脑区。这个脑区能够在整理和激活具有较高新颖性信息的过程中起到重要作用, 且右侧颞上回被证明在新颖语义关联上激活更强^[49]。

由于研究中测试的是TTCT的言语创造性, 毫无疑问会使用到语言的处理和分析的感知能力。新颖性是创造性的重要维度, 因此与颞上回这个语言枢纽紧密相关。同时, 颞上回也是顿悟问题解决的重要脑区之一。之前有任务态的实验在被试顿悟一瞬间捕捉脑活动, 发现在创造性顿悟过程的瞬间, 激活了个体的右侧颞上回前部^[50]。顿悟问题也是经典的创造性问题之一, 更加证明了这个脑区对创造性的重要性。额中回也是创造性思维激活的一个重要脑区, 曾经的研究也涉及这个区域^[51]。额中回区域是反应抑制的重要脑区, 能够帮助个体干扰抑制空间信息, 而这种能力强的被试又常常具有高

的灵活性。一项相关分析的结果表明,右侧额中回的灰质体积与创造性呈现显著正相关。该研究认为,额中回有可能是消极情绪和焦虑情绪的关键脑区,这个脑区与创造性联系紧密,使被试在消极的情绪下也能产生较好的创造性^[52]。一项fMRI研究让被试前后完成两个反应抑制的实验:停止信号(stop signal task)和认知控制Go/No go实验,然后探讨被试在血氧信号上面的变化,探索是否有相同脑区的激活。结果发现,激活的唯一一个相同脑区为右侧额中回,说明额中回有可能与反应抑制高度关联^[53]。有核磁共振研究发现,右侧额中回是有效避免和解决干扰信息的关键脑区,同时与中性刺激相比,冲突发生条件下的被试更容易激活右侧额中回^[54]。因此额中回与抑制控制功能显著相关,而创造性的产生特别是灵活性的产生与抑制控制水平紧密相关,额中回脑区有可能通过抑制控制功能从而影响创造性水平。还有一个重要脑区是右侧前扣带回,位于边缘系统。之前有研究证明,该脑区与新颖网络定义的甄别、整理新颖语义信息的能力以及新颖语义的连接都显著相关,与创造性思维中的新颖性网络加工也相关显著^[52]。前扣带回被认为与强化引导行为、社会交际社会评价、运动控制、在认知中的作用以及机体的觉醒/驱动状态有关^[55-57],特别是个体的认知控制能力。当个体在进行某项认知控制任务,如果出现冲突较多时,前扣带回会帮助大脑进行修正活动,帮助个体解决冲突从而执行原本的活动^[58]。前扣带回是大脑错误检查系统的重要组成部分,能够在检测不适当的反应中发挥重要作用,从而做出正确的选择,在思维和行为中有重要的调节意义^[59]。许多创造性的研究也发现了前扣带回的重要作用。例如,一项关于艺术家的创造性能力研究发现,艺术家在自主创作一首乐曲的时候能够显著激活右侧前扣带回区域^[23]。在创造性成就方面,背侧前扣带回的静息态功能连接强度与被试的创造性成就显著相关,且这种联系受到认知灵活性的中介作用^[24]。同时,前扣带回还能够通过情绪从而影响创造性问题的解决。具体作用机制是积极情绪通过前扣带回从而影响被试的注意机制和认知控制机制,使被试能够更好地进行认知过程监控,解决认知冲突继而影响创造性思维^[25]。总的来说,前扣带回区域与创造性的高级认知控制息息相关。壳核的位置在大脑深处的基底节中,主要功能为运动调节以及控制作用等,壳核的损伤有可能会致认知功能失调以及运动功能变差^[60]。如果壳核所在的基底节损伤可能会导致高级认知过程的障碍从而患上帕金森

综合征^[61]。壳核与程序性记忆的编码和认知技能程序的更改有关,而创造性思维的特征之一就是要修改个体固有的程序性记忆^[62]。

本研究发现,右侧前扣带回和右侧额中回的度中心性在认知风格和创造性思维之间起着中介作用。前扣带回和右侧额中回是认知控制的关键脑区^[23-25,52-54,58,59],与认知灵活性紧密相连,而场独立-场依存认知风格在认知灵活性上有着明显差异,极其有可能通过认知灵活性从而影响个体的创造性思维。场独立-场依存认知风格的测量方法是从复杂图形中找到镶嵌在其中的简单形状,侧重于考察被试对场的依存性,而这种能力又需要被试的认知控制以及对无关信息的筛选和抑制能力。研究表明,与场依存者相比,场独立的个体具有更强的认知抑制能力^[32]。场依存的个体在认知加工中更容易受到一些无关刺激的影响,由于受到了开放情境的影响,问题提出效率较低^[63]。同时,创造性思维的产生过程就是这样一个需要不断加工认知、抑制冲突、再加工的过程。例如,有研究认为创造性较高的被试有着更高的抑制控制能力,能够抑制住其他信息从而集中注意力,反应速度更快^[64]。也有研究发现,高创造力的个体在完成Stroop认知抑制任务时,反应时间更短^[65]。高创造力的个体转换更加灵活的原因就是抑制机制有助于个体对主导型的常规思维与干扰信息进行有效抑制^[30]。认知抑制能力更强的个体能够更好地集中注意,拥有着更加严谨和灵活的思维,在科学创造活动中表现得更好^[31]。总的来说,场独立的个体在认知任务中能够打破原有的认知结构,表现出更高的创造性水平^[37]。即场独立-场依存认知风格分数越高的个体,更能够灵活地干扰抑制,避免分心,从而在创造性任务中完成更好,提出更多、更新颖、更有创造性的问题。

4 结论

本研究发现,场独立-场依存认知风格与创造性思维(独创性、灵活性、流畅性和总分)都有显著的相关关系。场独立-场依存认知风格与大脑静息态度中心性之间呈现正相关的脑区为右侧额上回、右侧前扣带回、左侧额上回、右侧额中回和左侧壳核,其中右侧前扣带回和右侧额中回的度中心性在场独立-场依存认知风格和创造性思维上存在部分中介效应。

本研究猜想,场独立-场依存认知风格可能有部分路径通过认知控制从而影响了创造性思维,即认知风

格更偏向场独立的被试。其认知控制能力可能会更好,能够更好地排除无关信息从而集中注意力,且认知灵活性很高,能够利用所学的知识经验,举一反三,结合知识情境灵活地产生想法,从而在创造性思维的测验中更能够全身心地投入,获得更好的成绩。

有些研究认为,认知风格是动态而非静态,可以改变或转换^[66]。也有研究认为,认知风格具有长期的稳定性和不允许改变,认知风格在个体的功能中普遍存在,个体与其他人存在差异,随着时间的推移通常稳定^[67]。我们发现,认知风格可能会通过认知控制的脑区影响创造性思维,那么可以通过认知控制的相关训练塑造相关脑区,从而提高创造性思维能力。抑制控制的训练主要有停止信号范式、GO/NOGO范式等。例如,有研究发现,经过一定时间抑制控制训练的个体能够比未经过训练的个体在很多方面如学习成就、疏解压力、控制情绪等方面得到改善^[68]。另外,也有研究发现,运动、冥想等方式可以用来提高个体的抑制控制能力,每天通过20 min,共5 d的身心冥想活动训练,发现在抑制控制任务上的得分获得提高^[69]。这些训练不仅能够

帮助个体抑制控制能力改善,还能够帮助塑造抑制控制所在的脑区。这可以给本研究提供一些思考,如果了解个体的认知风格,并有针对性地采取策略,从而有可能会提高个体的创造性思维等方面的能力,促进个体全方位发展。

本研究的不足以及改进建议如下:创造性的测验包括许多类型,例如创造性人格、创造性成就、图画创造性等。本研究仅选择了创造性思维中的言语创造性,而认知风格与言语创造性的关联并不能代表认知风格与其他创造性也有类似的关联。以后可以用更多样的测量方法,更全面地探讨认知风格能够影响创造性的哪些方面及影响机制。研究发现,认知控制相关脑区在认知风格和创造性思维中起到中介作用,今后可采用测量认知控制能力的量表以及任务进行验证。研究被试的年龄普遍集中于20岁左右,且都是智力相对较高的大学生,因此研究结果在其他年龄段被试上面的适用性还未可知,以后可以招募年龄跨度较大的被试群体,考察随着年龄推移,探索认知风格对创造性的影响是否有变化。

参考文献

- Guilford J P. The Nature of Human Intelligence. New York: McGraw Hill, 1967
- Witkin H A, Goodenough D R. Cognitive styles: Essence and origins. Field dependence and field independence. *Psychol Issues*, 1981, 51: 1-141
- Hayes J, Allinson C W. Cognitive style and the theory and practice of individual and collective learning in organizations. *Hum Relat*, 1998, 51: 847-871
- Kozhevnikov M. Cognitive styles in the context of modern psychology: Toward an integrated framework of cognitive style. *Psychol Bull*, 2007, 133: 464-481
- Zhang L. Field-dependence/independence: Cognitive style or perceptual ability?—Validating against thinking styles and academic achievement. *Pers Individ Differ*, 2004, 37: 1295-1311
- Roszkowski M J, Snelbecker G E. Peripheral laterality, field independence, and academic achievement: A reexamination of their interrelationship. *Dev Neuropsychol*, 1987, 3: 53-65
- Onyekuru B U. Field dependence-field independence cognitive style, gender, career choice and academic achievement of secondary school students in Emohua local government area of rivers state. *J Educ Pract*, 2015, 6: 76-85
- Guisande M A, Páramo M F, Tinajero C, et al. Field dependence-independence (FDI) cognitive style: An analysis of attentional functioning. *Psicothema*, 2007, 19: 572-577
- Burton J K, Moore D M, Holmes G A. Hypermedia concepts and research: An overview. *Comput Human Behav*, 1995, 11: 345-369
- Nicolaou A A, Xistouri X. Field dependence/independence cognitive style and problem posing: An investigation with sixth grade students. *Educ Psychol*, 2011, 31: 611-627
- Bertini M, Pizzamiglio L, Wapner S, et al. Field Dependence in Psychological Theory, Research and Application: Two Symposia in Memory of Herman A. Witkin. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates Inc, 1986
- Miller A L. Creativity and cognitive style: The relationship between field-dependence-independence, expected evaluation, and creative performance. *Psychol Aesthet Creat Arts*, 2006, 1: 243-246
- Dew R. Creative resolve response: How changes in creative motivation relate to cognitive style. *J Mgmt Dev*, 2009, 28: 945-966
- Hu W P, Cheng L F, Jia X J, et al. The influence of cognitive inhibition to creative scientific problem finding: Mediating effect of field cognitive style (in Chinese). *Stud Psychol Behav*, 2015, 13: 721-728 [胡卫平, 程丽芳, 贾小娟, 等. 认知抑制对创造性科学问题提出的影响: 认知风格的中介作用. *心理与行为研究*, 2015, 13: 721-728]

- 15 Awi, Ahmar A S, Rahman A, et al. The profile of creativity and proposing statistical problem quality level reviewed from cognitive style. *J Phys Confer*, 2018, 954: 12–23
- 16 Nisiforou E A. Examining the association between users creative thinking and field dependence-independence cognitive style through eye movement components. In: *Proceedings of the 2015 ACM SIGCHI Conference on Creativity and Cognition*, 2015. 205–208
- 17 Saracho O N. Preschool children's cognitive style and play and implications for creativity. *Creat Res J*, 1992, 5: 35–47
- 18 Chen Q L. Predictive profiles of creativity using neuroimage data research field: Basic psychology (in Chinese). Doctor Dissertation. Chongqing: Southwest University, 2017 [陈群林. 预测创造性的脑影像指标体系的研究. 博士学位论文. 重庆: 西南大学, 2017]
- 19 Bendetowicz D, Urbanski M, Garcin B, et al. Two critical brain networks for generation and combination of remote associations. *Brain*, 2018, 141: 217–233
- 20 Cousijn J, Zanolie K, Munsters R J M, et al. The relation between resting state connectivity and creativity in adolescents before and after training. *PLoS One*, 2014, 9: e105780
- 21 Zhu W, Chen Q, Xia L, et al. Common and distinct brain networks underlying verbal and visual creativity. *Hum Brain Mapp*, 2017, 38: 2094–2111
- 22 Chen Q L, Beaty R E, Wei D T, et al. Longitudinal alterations of frontoparietal and frontotemporal networks predict future creative cognitive ability. *Cereb Cortex*, 2018: 103–115
- 23 Limb C J, Braun A R. Neural substrates of spontaneous musical performance: An fMRI study of jazz improvisation. *PLoS One*, 2008, 3: e1679
- 24 Chen Q L, Xu T, Yang W J, et al. Individual differences in verbal creative thinking are reflected in the precuneus. *Neuropsychologia*, 2015, 75: 441–449
- 25 Subramaniam K, Kounios J, Parrish T B, et al. A brain mechanism for facilitation of insight by positive affect. *J Cogn Neurosci*, 2014, 21: 415–432
- 26 Miller E K, Cohen J D. An integrative theory of prefrontal cortex function. *Annu Rev Neurosci*, 2001, 24: 167–202
- 27 Hao X, Wang K, Li W, et al. Individual differences in brain structure and resting brain function underlie cognitive styles: Evidence from the embedded figures test. *PLoS One*, 2013, 8: e78089
- 28 Hao X. Relationship between cognitive styles and creative thinking (in Chinese). Master Dissertation. Chongqing: Southwest University, 2014 [郝鑫. 认知风格与创造性思维的关系. 硕士学位论文. 重庆: 西南大学, 2014]
- 29 Desco M, Navas-Sanchez F J, Sanchez-González J, et al. Mathematically gifted adolescents use more extensive and more bilateral areas of the fronto-parietal network than controls during executive functioning and fluid reasoning tasks. *NeuroImage*, 2011, 57: 281–292
- 30 Zabelina D L, Robinson M D. Creativity as flexible cognitive control. *Psychol Aesthet Creat Arts*, 2010, 4: 136–143
- 31 Yao H J, Bai X J. The relationship between creative thinking and cognitive inhibition (in Chinese). *J Psychol Sci*, 2014, 37: 316–321 [姚海娟, 白学军. 创造性思维与认知抑制的关系. 心理科学, 2014, 37: 316–321]
- 32 Deng Z, Zeng X Y. The effects of field-dependence cognitive style on problem-representations and problem-representation changes (in Chinese). *J Psychol Sci*, 2008, 31: 814–817 [邓铸, 曾晓尤. 场依存性认知方式对问题表征及表征转换的影响. 心理科学, 2008, 31: 814–817]
- 33 Biswal B, Yetkin F Z, Haughton V M, et al. Functional connectivity in the motor cortex of resting human brain using echo-planar MRI. *Magn Reson Med*, 1995, 34: 537–541
- 34 Bullmore E, Sporns O. Complex brain networks: Graph theoretical analysis of structural and functional systems. *Nat Rev Neurosci*, 2009, 10: 186–198
- 35 Rubinov M, Sporns O. Complex network measures of brain connectivity uses and interpretations. *Neuroimage*, 2010, 52: 1059–1069
- 36 Zuo X N, Ehmke R, Mennes M, et al. Network centrality in the human functional connectome. *Cereb Cortex*, 2012, 22: 1862–1875
- 37 Song G Y, Han S J. The inhibitory mechanism of dependent-independent cognitive styles (in Chinese). *Stud Psychol Behav*, 2007, 5: 100–103 [宋广文, 韩树杰. 场依存-独立认知方式干扰抑制的比较. 心理与行为研究, 2007, 5: 100–103]
- 38 de Souza L C, Volle E, Bertoux M, et al. Poor creativity in frontotemporal dementia: A window into the neural bases of the creative mind. *Neuropsychologia*, 2010, 48: 3733–3742
- 39 Sternberg R J. *The Nature of Creativity as Manifest in Its Testing*. Cambridge: Cambridge University Press, 1988
- 40 Wang D, Di M, Qian M. A report on the third revision of combined Raven's test (CRT-C3) for children in China (in Chinese). *Chin J Clin Psychol*, 2008, 15: 559–568 [王栋, 狄敏, 钱明. 联合型瑞文测验中国儿童常模第三次修订. 中国临床心理学杂志, 2008, 15: 559–568]
- 41 Gardini S, Cloninger C R, Venneri A. Individual differences in personality traits reflect structural variance in specific brain regions. *Brain Res Bull*, 2009, 79: 265–270
- 42 Haier R J, Jung R E, Yeo R A, et al. Structural brain variation and general intelligence. *NeuroImage*, 2004, 23: 425–433
- 43 Hayes A F. *Introduction to Mediation, Moderation, and Conditional Process Analysis: A Regression-based Approach*. New York: Guilford Press, 2017
- 44 Wang H L, Zhou Y L. A comparative study between urban and rural areas on the relations between field cognitive styles and creativity of high school students (in Chinese). *Psychol Sci*, 2006, 29: 111–114 [王洪礼, 周玉林. 城乡高中生认知方式与创造力关系的比较研究. 心理科学, 2006, 29: 111–114]

- 45 Hernandez A E. Language switching in the bilingual brain: What's next? *Brain Lang*, 2009, 109: 133–140
- 46 Desai R, Liebenenthal E, Waldron E, et al. Left posterior temporal regions are sensitive to auditory categorization. *J Cogn Neurosci*, 2014, 20: 1174–1188
- 47 Liu H, Hu Z, Peng D, et al. Common and segregated neural substrates for automatic conceptual and affective priming as revealed by event-related functional magnetic resonance imaging. *Brain Lang*, 2010, 112: 121–128
- 48 Simos P G, Breier J I, Wheless J W, et al. Brain mechanisms for reading. *NeuroReport*, 2000, 11: 2443–2446
- 49 Zhao Q B, Ke W, Tong B, et al. Creative processing of internet language: Novel N400 and LPC (in Chinese). *Acta Psychol Sin*, 2017, 49: 143–154 [赵庆柏, 柯妮, 童彪, 等. 网络语言的创造性加工过程: 新颖N400与LPC. 心理学报, 2017, 49: 143–154]
- 50 Mark J B, Bowden E M, Jason H, et al. Neural activity when people solve verbal problems with insight. *PLoS Biol*, 2004, 2: 500–510
- 51 Seger C A, Desmond J E, Glover G H, et al. Functional magnetic resonance imaging evidence for right-hemisphere involvement in processing unusual semantic relationships. *Neuropsychology*, 2000, 14: 361–369
- 52 Li Y D. Effects of affect on verbal creativity-from the perspectives of trait and state (in Chinese). Doctor Dissertation, Chongqing: Southwest University, 2016 [李亚丹. 特质情感和状态情感对创造性思维的影响. 博士学位论文. 重庆: 西南大学, 2016]
- 53 Zheng D M, Nao J F, Song L C. The key locus of responsive inhibition center: fMRI study with different model tasks (in Chinese). *J Med Imag*, 2008, 18: 109–112 [郑东明, 佺剑非, 宋利春. 不同任务模型下反应抑制中枢的功能磁共振定位研究. 医学影像学杂志, 2008, 18: 109–112]
- 54 Bunge S A, Dudukovic N M, Thomason M E, et al. Immature frontal lobe contributions to cognitive control in children. *Neuron*, 2002, 33: 301–311
- 55 Kennerley S W, Walton M E, Behrens T E J, et al. Optimal decision making and the anterior cingulate cortex. *Nat Neurosci*, 2006, 9: 940–947
- 56 Rudebeck P H, Buckley M J, Walton M E, et al. A role for the macaque anterior cingulate gyrus in social valuation. *Science*, 2006, 313: 1310–1312
- 57 Paus T. Primate anterior cingulate cortex: Where motor control, drive and cognition interface. *Nat Rev Neurosci*, 2001, 2: 417–424
- 58 Carter C S, Macdonald A M, Botvinick M, et al. Parsing executive processes: Strategic vs. evaluative functions of the anterior cingulate cortex. *Proc Natl Acad Sci USA*, 2000, 97: 1944–1948
- 59 Kiehl K A, Liddle P F, Hopfinger J B. Error processing and the rostral anterior cingulate: An event-related fMRI study. *Psychophysiology*, 2010, 37: 216–223
- 60 Brovelli A, Nazarian B, Meunier M, et al. Differential roles of caudate nucleus and putamen during instrumental learning. *NeuroImage*, 2011, 57: 1580–1590
- 61 Galvin J E, Lee V M Y, Trojanowski J Q. Synucleinopathies. *Arch Neurol*, 2001, 58: 186–190
- 62 Huang F, Fan J, Luo J. The neural basis of novelty and appropriateness in processing of creative chunk decomposition. *NeuroImage*, 2015, 113: 122–132
- 63 Iyengar S S, Lepper M R. When choice is demotivating: Can one desire too much of a good thing? *J Pers Soc Psychol*, 2000, 79: 995–1006
- 64 Vartanian O, Martindale C, Matthews J. Divergent thinking ability is related to faster relatedness judgments. *Psychol Aesthet Creat Arts*, 2009, 3: 99–103
- 65 Groborz M, Necka E. Creativity and cognitive control: Explorations of generation and evaluation skills. *Creat Res J*, 2003, 15: 183–197
- 66 Zhang L F. The Malleability of Intellectual Styles: Longitudinal Studies without Interventions. Cambridge: Cambridge University Press, 2013. 250–284
- 67 Clapp R G. Stability of cognitive style in adults and some implications, a longitudinal study of the kirton adaption-innovation inventory. *Psychol Rep*, 1993, 73: 1235–1245
- 68 Oaten M, Cheng K. Improved self-control: The benefits of a regular program of academic study. *Basic Appl Soc Psychol*, 2006, 28: 1–16
- 69 Tang Y Y, Ma Y, Wang J, et al. Short-term meditation training improves attention and self-regulation. *Proc Natl Acad Sci USA*, 2007, 104: 17152–17156

Summary for “场独立-场依存认知风格影响创造性思维的大脑功能基础”

The brain functional bases of field-dependent/field-independent cognitive styles and creative thinking

Chanyu Guo^{1,2}, Kaixiang Zhuang^{1,2}, Liu Tan^{1,2}, Rongcan Zeng^{1,2}, Hao Tong^{1,2}, Jiang Qiu^{1,2*} & Guikang Cao^{1,2*}

¹ Faculty of Psychology, Southwest University, Chongqing 400715, China;

² Key Laboratory of Cognition and Personality of Ministry of Education, Chongqing 400715, China

* Corresponding authors, E-mail: qiu318@swu.edu.cn; cgk@swu.edu.cn

Cognitive styles refer to the habitualized behavior patterns of individuals in perceiving, learning, thinking, problem-solving, and interacting with others. They affect how individuals perceive the environment from which they receive information, how they organize and interpret this information, and how they use these explanations to guide their behavior. A concrete manifestation of individual creativity is creative thinking, and the core is divergent thinking, which refers to the production of diversified and huge output from a given information. Several studies have shown that cognitive styles have an important impact on an individuals' creative thinking. Field dependence/independence (FDI) is the most common dimension in current studies, and most studies believe that field-independent (FI) individuals have higher creativity than field-dependent (FD) individuals. There are relatively few studies of the brain functional connection between FDI cognitive styles and creativity.

In this study, we assessed FDI cognitive styles using the Embedded Figures Test and creative thinking using the Torrance Test of Creative Thinking in a sample of 414 healthy college students. Resting state functional magnetic resonance imaging (fMRI) was used to test the degree centrality (DC). First, the resting state brain image of each subject was scanned. Second, the DC was calculated and regressed with creative thinking. Finally, the mediating effect analysis was conducted on the brain regions obtained, FDI cognitive styles, and creative thinking. Behavioral results showed that cognitive styles are significantly correlated with originality, flexibility, fluency and the total score of creativity, which were consistent with the existing research conclusions. The fMRI results showed that creative thinking was positively related to the right superior temporal gyrus (rSTG), right anterior cingulate cortex (rACC), left superior temporal gyrus (lSTG), right middle frontal gyrus (rMFG), and left putamen. Importantly, the rACC and rMFG partially mediated the relationship between FDI cognitive styles and creative thinking. FI cognitive style may be associated with better inhibition of irrelevant information and cognitive flexibility, which may recruit the rACC and rMFG. This study hypothesizes that FDI cognitive styles may have a partial path to affect creative thinking through cognitive control. This means that FI individuals may have higher cognitive flexibility, better cognitive control, and greater ability to exclude irrelevant information and focus attention, thus perform better in creative thinking tests. Therefore, these findings offer new empirical evidence for a better understanding of the relationship between FDI cognitive styles and cognitive thinking. This study may have some useful implications; FDI cognitive styles may affect creative thinking through the brain areas of cognitive control. In the future, researchers could train individuals on their cognitive control ability and improve the brain functional connection, thus enhancing creative thinking scores.

creative thinking, cognitive styles, degree centrality, cognitive control

doi: [10.1360/TB-2020-1129](https://doi.org/10.1360/TB-2020-1129)