

A Review of the Neural Mechanism of Attention Networks

Yujing Sun¹, Xuesong Shang²

¹Faculty of Psychology, Southwest University, Chongqing

²The School of Psychology and Cognitive Science, East China Normal University, Shanghai

Email: hejingqingwei@163.com

Received: Mar. 7th, 2017; accepted: Mar. 28th, 2017; published: Mar. 31st, 2017

Abstract

Based on the early attentional classification theory, new studies define three terms about the attentional function from the anatomy and neural function including alerting, orienting and executive control. By examining the target and cue effects in the response time of the signal, it can be noted that the network testing can effectively detect the efficiency of each network in the system. Neuroimaging studies have confirmed that these networks have a certain degree of anatomical and functional independence. The attention network test (ANT) examines the effects of cues and targets within a single reaction time task to provide a means of exploring the efficiency of the alerting, orienting, and executive control networks involved in attention. However, some interactions in these three networks are proved. The revised attention network test (ANT-R) adjusts cue-target interval and cue validity. Related research results support the hypothesis of functional integration and interaction of these brain networks. In this paper, on the basis of existing research summary, the study proposed future prospects.

Keywords

Attention Network Test (ANT), Alerting, Orienting, Executive Control, Neural Mechanisms

注意网络神经机制的述评

孙玉静¹, 尚雪松²

¹西南大学心理学部, 重庆

²华东师范大学心理与认知科学学院, 上海

Email: hejingqingwei@163.com

收稿日期: 2017年3月7日; 录用日期: 2017年3月28日; 发布日期: 2017年3月31日

摘要

在早期注意分类理论研究的基础上, 新近研究从注意的特定功能和解剖结构方面定义了三个分离的注意网络, 分别为注意警觉, 注意定向和执行控制。通过检验信号反应时任务中的靶子和线索效应, 注意网络测试可有效探测注意系统中各网络的工作效率。大量神经成像研究结果发现注意网络在神经结构组织上的分离。然而, 新近研究显示注意网络之间并非完全分离的关系。修订的注意网络测试对线索与目标间隔以及线索的有效性进行了调整, 证实了注意网络功能整合的假设, 注意网络中相关脑区间存在相互作用。本文对已有研究做了系统总结, 并提出对未来研究的展望。

关键词

注意网络测试, 警觉, 定向, 执行控制, 神经机制

Copyright © 2017 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

注意作为认知功能的重要组成部分, 是众多研究者的关注焦点。随着认知神经科学的迅速发展, 利用先进的脑成像技术, 可以精准的测量出大脑在完成特定注意任务时的信号变化, 从而确定注意网络的功能结构和解剖定位。在传统注意理论研究基础之上, 许多研究者竞相提出关于注意组成结构的设想。Posner 依据注意不同的功能维度进行分析, 提出应将注意的不同作用与功能纳入到注意系统研究之中。协同负责不同注意过程的脑区可形成特定注意功能的脑网络(Posner & Petersen, 1990), 注意系统按功能可分为警觉, 定向和执行控制(Xuan, Mackie, Spagna, Wu, Tian, & Hof et al., 2016; Posner & Petersen, 2012; Posner & Fan, 2008; Fan, Mccandliss, Sommer, Raz, & Posner, 2002; Fan, Mccandliss, Sommer, & Raz, 2006; Posner & Dehaene, 1994; Posner & Petersen, 1990)。简单来说, 注意警觉为达到并维持在对外界信息高度敏感的状态; 注意定向是指从大量外界输入的信息中选择特定信息的过程; 而注意的执行控制功能是完成监测和解决冲突的一系列复杂行为的能力(Posner & Petersen, 2012; Fan, Gu, Guise, Liu, Fossella, & Wang et al., 2009; Fan, Mccandliss, Fossella, Flombaum, & Posner, 2005)。注意作为一项基本的心理功能, 需依赖于具体大脑解剖结构的运作。不同的注意网络拥有相互分离的神经回路, 并会受不同脑损伤, 身体健康状况以及药物, 神经递质作用的影响。此外, 对伴随有各种注意功能损伤的神经及精神疾病人群的研究, 为注意网络神经机制的研究提供了可贵的研究证据, 促进了注意功能的效用机制研究(Hu, P., Fan, J., Xu, P., Zhou, S., Zhang, L., & Tian, Y. et al., 2015)。为了检验注意的各项功能及确定各功能之间的关系, Fan 等设计了注意网络测试(attention network test, ANT)。注意网络测试结合提示目标任务和 Flanker 任务, 使得在一次整合任务操作中能够同时量化警觉、定向和执行控制的行为学数据(Fan et al., 2006)。

2. 注意网络的理论

William James 的《心理学原理》(1890)书中注意的定义为: “在一些同时存在的可能目标和思维流中,某一个对象清晰而生动地占据了个体的心智。”在此后心理学发展的一个百多年里,研究者提出了很多关于注意的理论模型。Posner (1990)在大量的脑成像及脑损伤研究的基础上提出, 人脑内至少有三个注意

子网络:前注意网络(anterior attentional net, AAN)、后注意网络(posterior attentional net, PAN)和警觉系统。AAN 的认知功能体现为对冲突的控制,引导空间注意搜索,如冲突适应,AAN 是一种执行控制网络。PAN 主要涉及对空间信息的定向和选择。其认知功能主要表现为在刺激呈现之前出现的线索会对刺激的反应产生易化效应。LaBerge (2000)提出注意的三角形网络理论,认为注意的表达(expression of attention)是通过增强特异性皮层功能柱的神经活动而实现的,注意的表达还需要额叶的控制和丘脑对注意循环网络的激活与维持,由此形成了三角形的网络机制(罗跃嘉,魏景汉,2004)。注意的表达表现为对目标刺激激活水平的增强,并加强对分心物的抑制作用(LaBerge, 2000)。注意的控制主要表现在两个方面,一是先于刺激呈现,认知者头脑中已经存在了关于刺激的期许,是主要受意识影响的注意控制。二是主要受刺激所具有的特点引导的注意控制,神经生理学的大量研究表明额叶在注意的控制上起重要作用。随着认知神经科学等学科的发展,研究的科学性,客观性要求不断提高,对认知功能的研究也提出了更为严格的标准,促进了对注意内部机制的探索,Posner 等依据注意的不同维度及功能特征提出的注意三网络模型理论,认为注意包括 3 个功能相对独立的子系统,分别是警觉(alerting)、定向(orienting)和执行控制(executive control),该理论得到了此后越来越多研究验证(Xuan et al. 2016; Posner & Petersen, 2012; Posner & Fan, 2008)。下面详细介绍一下注意的这三个网络。

2.1. 注意的三个网络

注意警觉是指对可能到来的刺激保持高度敏感的一种准备状态,促使对目标任务做出快速且准确的反应(Posner & Petersen, 1990)。常用警戒任务来测量注意的警觉功能(Posner, 1978; Posner, Inhoff, Friedrich, & Cohen, 1987)。即在目标刺激出现前先呈现一个线索刺激,以提示目标的出现,要求任务参与者既快又准的反应(Posner, 1978)。进一步研究发现警觉存在两种不同的机制,外源性警觉又称相位性警觉(phasic alerting)和内源性警觉也称固有警觉(tonic alerting) (Van Vleet, Chen, Vernon, Novakovicagopian, & D'Esposito, 2014)。前者是指在线索刺激出现后较短的时间内所产生的对目标刺激反应易化的能力,常以简单反应时作为衡量指标。在注意警觉任务测验研究中,主要利用的是线索刺激所提供的时间信息,即线索刺激预示了随后目标刺激的出现,促使任务参与者即刻警醒,以完成接下来的任务操作。而固有警觉则是在没有线索提示的情况下,个体对无从预知的外界刺激的注意激活状态。

研究大多集中于外源性注意警觉。以警觉信号为研究切入,神经心理学研究发现,其影响主要反映在反应选择的早期阶段(Hackley, & Valleinclán, 1999, 2003)。内源性警觉是与警戒更接近的一种注意状态,是对干扰刺激中可能出现的目标刺激的知觉敏感度。侧重不同,略有区别。外源性警觉侧重警觉信号对目标刺激加工的影响作用,而内源性警觉更倾向于表达个体在缺乏警觉信号时对目标的敏感程度。对不同状态下的心智漫游者进行注意警觉测验(胡楠茶,许百华,2012),发现行为表现上没有显著性的差异,内源性警觉是一种更稳定的注意过程,受当前的状态影响较小,主要与个体的神经系统活动类型有关。新近有研究发现,警觉水平会受到背景颜色的调节,例如,在红色和灰色背景下警觉水平较高,表现为警觉网络脑区的丘脑和右侧额下回的激活,而在蓝色背景下没有这样的效应(Wang, Zhao, Xue, & Chen, 2016),外源性警觉更易于受个体当前状态的调节。

注意定向指的是从大量外界输入的信息中选择注意特定信息的能力(Corbetta, & Shulman, 2002; Fan et al., 2005; Posner, 1980),与传统注意分类理论中的选择性注意有一定程度的相似性。注意定向包含一个复杂的认知过程,主要由注意解离(disengaging),注意转移(shifting),注意投入(engaging)三个阶段组成。具体讲,注意焦点从原来注意中心解脱,注意转移,重新定向,再投入到新的注意目标上。注意定向是一个注意转化的过程,先呈现线索刺激,引导反应目标的空间定向,测量对目标出现位置的反应数据(Fan et al., 2006)。研究空间注意定向时,要尤其注意线索与目标刺激之间的时间间隔。注意定向存在双阶段

效应, 通常在呈现线索刺激之后的一段时间内, 通常在 300 ms, 线索对目标刺激主要为易化效应, 如果目标刺激未出现, 则会出现返回抑制现象, 即对呈现于已被线索化的空间位置上的目标反应出现滞后的现象(Posner, Rafal, Choate, & Vaughan, 1985)。

注意定向网络又包含内源性注意定向(endogenous orienting)和外源性注意定向(exogenous orienting)。内源性定向主要由大脑的前注意系统(anterior attentional net, AAN)负责。主要依赖于个体的目标意愿, 即在目标刺激出现之前, 个体已主动地将注意定位到与当前任务目标相关的空间位置上。是一种自上而下的注意定向过程。而外源性注意定向主要由后注意系统(posterior attentional net, PAN)负责, 受外界环境刺激的驱动。注意的关注中心为外界刺激对注意的吸引, 通常受刺激强度, 刺激间对比以及刺激的新颖性等影响较大。是一种自下而上的注意定向过程。

注意的执行控制功能是指为能完成目标指向行为而抑制常规反应倾向, 依据任务要求, 灵活调整行为的能力(Haykin, Fatemi, Setoodeh, & Xue, 2012; Posner, & Snyder, 1975; Matsumoto & Tanaka, 2004a; Aron, Fletcher, Bullmore, Sahakian, & Robbins, 2003; Aron, Monsell, Sahakian, & Robbins, 2004; Macdonald, Cohen, Stenger, & Carter, 2000)。研究执行控制的冲突任务主要包括两类, 一是对刺激优势反应维度抑制与对刺激弱势反应维度执行的冲突。优势反应维度即为较强的, 常规性反应的刺激方面, 反之, 则为刺激的弱势反应方面(Fan et al., 2006), 如 Stroop 任务(Stroop, 1935)和 Simon 任务(Simon, 1969), 在刺激冲突的 Stroop 任务中, 刺激同时包含颜色和语义两个维度, 任务要求对刺激的颜色进行反应, 而刺激的语义信息会干扰对刺激颜色信息的加工(唐丹丹, 2016)。Simon 任务则属于反应冲突任务, 任务包含刺激呈现位置和反应位置两个维度(Simon, 1969), 刺激的呈现位置为任务无关信息, 当刺激呈现的位置与反应位置存在不一致时, 反应会受刺激呈现位置的干扰。二是目标刺激属性与两侧刺激属性间不一致的冲突, 需排除两侧刺激对中间目标刺激的干扰, 典型的任务范式有 Flanker 任务(Eriksen, & Eriksen, 1974)。

神经成像结果显示被试在完成 Flanker 任务时, 大脑左侧前额叶能较早地监测到任务中的冲突信息, 并将冲突信息有效的传递到中前区(赵晓月, 唐丹丹, 2015)。在反应任务中, 一方面中前区能根据观察条件的一致性灵活地调整注意资源以有效地完成反应任务, 另一方面它再向右前额叶传递控制信息(Bush, Luu, & Posner, 2000; Dickenson, Berkman, Arch, & Lieberman, 2013), 使之及时解决冲突(Macdonald et al., 2000), 从而表现出由冲突观察所诱发的冲突适应。通过对认知控制经典任务范式中的参数设置进行调节, 研究者还区分了执行控制的两种功能:目标维持与冲突解决(Engle & Kane, 2003)。

2.2. 注意网络测试

基于注意三网络模型理论, Fan 等设计编写了一套简短的用以评估注意警觉, 定向和执行控制的注意网络测验(attention network test, ANT)。利用 ANT 能够快速有效地测验警觉、定向与执行控制这三个注意网络的功能效率(Fan et al., 2009)。ANT 是一个简单的 30 分钟左右的测试, 任务简单, 适用性强, 对于一些脑损伤患者, 伴有注意功能损伤的神经及精神疾病人群, 甚至注意力缺陷多动症的孩子都比较容易完成, 均以任务反应时作为衡量功能效率的指标(Fan et al., 2006)。

注意网络测验的便捷性和有效性促使测验的使用得到广泛应用。ANT 已广泛用于脑损伤, 中风, 精神分裂症, 抑郁症, 多动症等多种注意功能异常群体的注意功能评估中(Kratz, Studer, Malcherek, Erbe, Moll, & Heinrich, 2011)。在大量采用 ANT 作为注意各功能网络评估为主要手段的研究中都得到了较高测验信度。同时, 大量研究结果也证实了注意三功能网络之间的独立性, 神经成像研究发现注意网络在神经组织结构上的分离。注意网络测试作为一种行为测量, 已应用于新兴的基因对注意网络连接影响的研究之中(Fan et al., 2006)。

注意网络测验具体讲就是先呈现一个星号线索,用以提示接下来靶子出现的位置和时间,任务共包含四个线索条件:不出现星号为无线索(no cue),星号在中央注视点位置出现为中央线索(center cue),星号在注视点上下同时出现为双线索(double cue),仅在注视点的上方或下方出现为空间线索(spatial cue)。随后,靶子箭头在注视点的上方或下方出现,同时伴随着两侧的干扰箭头,这些干扰箭头可能和靶子箭头方向一致,也有可能不一致,被试的任务就是判断出靶子箭头的方向(Fan et al., 2006)。

为了优化注意功能间的对比并探究注意网络之间的相互作用,Fan等(2009)对注意网络测验任务做了修订,修订的注意网络测试对线索和目标的间隔以及线索的有效性进行了调整,新的范式很好的结合了Flanker任务和警觉信号的优势,由原测验任务版本发展而来(Fan et al., 2006)。修改后的测验任务设置了三种线索条件(无线索,双线索、空间线索),并减少了目标条件(一致和不一致)。更重要的是,不同于以往的研究中使用的单侧任务设计(Greene et al., 2008; Fan et al., 2005),线索的有效性操作纳入考虑,两者都使用中心线索而不是双线索条件。以往研究也有对线索有效性进行操作(Simon, Bish, Bearden, Ding, Ferrante, & Nguyen et al., 2005)。在修订的注意测验任务中操纵线索和目标的间隔来检验警觉和定向的速度,以及警觉和冲突处理之间的相互作用。此外,对任务中的Flanker一致性和位置的一致性也进行操作。

有研究支持注意功能整合假设,以及注意网络脑区存在相互作用(Fan et al., 2009; Xuan et al., 2016)。其表现为警觉网络会抑制执行功能网络,在提前有警觉信号显示的试次中研究观察到一个更大的Flanker效应。定向网络对执行功能网络有促进作用,Flanker效应在线索条件下比非线索条件下更小。

注意网络效率操作定义

根据注意网络测试(ANT)原理(Fan et al., 2006),三个注意网络功能的操作定义为实验条件与适当的参考条件对比的行为数据,相应的反应时间和正确率为评估注意网络的指标。三个注意网络的效率计算如下:

警觉网络效率 = 无线索提示 RT - 有线索提示 RT, 有线索提示比无线索提示增加了警觉提醒,两差值越大表明警觉网络效率越高;

定向网络效率 = 中央线索提示 RT - 空间线索提示 RT, 在具备警醒状态的前提下,空间提示提供有效的定位信息,其差值越大,证明定向网络效率越高;

执行控制网络效率 = 冲突条件靶刺激 RT - 一致条件靶刺激 RT, 冲突条件比一致条件增加了冲突过程,因此该数值越大提示执行控制网络效率越低,处理冲突需要的时间越长,执行控制的能力越差。

修改过的版本增加了线索的出现位置和靶箭头相反的无效空间线索条件,排除外周线索对目标的预测性,能够得到单纯的外源性注意定向。通过操作空间线索的有效性可测量定向注意的注意解离及注意转移和注意投入。新修订版本可测量三个注意功能之间的相互作用(Fan et al., 2009; Xuan et al., 2016)。警觉和Flanker冲突交互效应,定向和Flanker冲突之间交互效应,有效性和Flanker冲突交互效应可以通过比较在不同线索条件下的冲突得分得到:

警觉与Flanker冲突相互作用 = (无线索Flanker冲突 RT - 无线索Flanker一致) - (双线索Flanker冲突 RT - 双线索Flanker一致 RT)

警觉与Flanker冲突相互作用负值表示警觉对Flanker冲突的消极影响;

定向和Flanker冲突相互效应 = (双线索Flanker冲突 RT - 双线索Flanker一致 RT) - (有效线索Flanker冲突 RT - 有效线索Flanker一致 RT)

定向和Flanker冲突相互效应正值表示定向提高了冲突加工效率;

有效性和Flanker冲突相互效应 = (无效线索Flanker冲突 RT - 无效线索Flanker一致 RT) - (有效线索Flanker冲突 RT - 有效线索Flanker一致 RT)

有效性和 Flanker 冲突相互效应正值表示无效定向降低了 Flanker 冲突加工;

警觉和位置冲突, 定向与位置冲突, 有效性与位置冲突的交互作用可以比较不同线索条件下的冲突得分。

双线索条件相比无线索条件增加了时间线索, 双线索对随后的目标出现提供了时间信息, 而无线索条件则没有时间信息。两种条件的对比表明时间信息对即将到来的目标加工的影响, 警觉效应对行为反应的影响。空间线索提供了目标刺激的时间和空间信息, 有效线索表明了目标将要出现的确切位置, 无效线索则提示的是目标将出现的对立位置, 两种条件对比, 可以检验有效的空间信息对即将到来的目标加工的作用, 为有效性效应。有效性效应中有两个成分可以分离, 解离(无效线索-双线索), 与转移和投入(双线索-有效线索)。

3. 注意网络的神经机制

结合脑认知科学, 神经生理学, 神经影像学等学科的研究发现, 不同的神经结构, 神经递质与不同的注意网络功能相关。进一步证实了注意的各功能网络有其不同的神经生理机制。

注意的警觉系统与额叶和顶叶区域相关, 尤其是大脑的右侧半球(Posner & Petersen, 1990)。相对注意网络神经研究的总体来讲, 注意警觉功能成像研究较少, 与警觉功能相关的脑区比较分散, 主要分布在丘脑、额叶以及顶叶的部分区域(Paus, Zatorre, Hofle, Caramanos, Gotman, & Petrides et al. 1997; Fan et al., 2005; Raz & Buhle, 2006), 其中包括背外侧前额叶, 前扣带回, 前脑岛, 以及顶内沟及附近区域(Fan et al., 2005; Geyer, Ledberg, Schleicher, Kinomura, Schormann, & Burgel et al. 1996), 并受到蓝斑影响的去甲肾上腺素的调控(Beane, M., & Marrocco, R. T. 2004; Marrocco & Davidson, 1998), 受前额叶及前扣带回等控制脑区的调节(Cohen & Aston-Jones, 2005)。关于脑损伤的研究显示, 与固有警觉相关的脑区主要在右半球, 包括前扣带皮层、背外侧前额叶、顶下小叶以及丘脑和脑干等。与相位性警觉相关脑区主要位于前侧脑岛、背侧前运动皮层以及顶上和顶下皮层等(Gao, Gilmore, Shen, Smith, Zhu, & Lin, 2013)。线索提示的警示效应和警觉状态的减弱可通过减少去甲肾上腺素(norepinephrine, NE)的释放实现, 并且不会对其他注意网络功能造成影响。

基于脑成像、电生理以及注意定向相关的脑损伤病例研究得出, 注意定向与额顶系统有关——背侧注意网络和腹侧注意网络(Vincent, Kahn, Snyder, Raichle, & Buckner, 2008; Farrant & Uddin, 2015)。背侧注意网络主要分布于双侧顶内沟、额中回、额眼区、右侧小脑后叶、颞中回和颞下回小部分区域, 其中额眼区域与顶内沟是背侧注意网络的重要节点(Farrant & Uddin, 2015)。背侧注意网络与空间注意能力密切相关, 是自上而下注意控制中的主要激活脑区, 顶叶对注意的解除起重要调节作用。腹侧注意网络与注意的重新定向(reorienting)有关, 分布在右半球, 主要包括右侧的腹侧额叶皮层和右侧的额顶联合(Farrant, & Uddin, 2015)。当小概率的目标出现时, 腹侧注意网络激活明显, 尤其是右侧额顶联合, 被称为是“回路破坏者(circuit breaker)” (Corbetta et al., 2002), 受外界环境刺激驱动, 反应信号对背侧注意系统活动进行抑制, 使注意重新定向于新异刺激, 对外源性注意定向有关键作用。

大量的实验研究证据强调顶叶在空间认知中的作用(Sack, 2009; Posner, Walker, Friedrich, & Rafal, 1984)。定向任务的主要激活区域在顶叶和额叶皮层, 以及右半球的额顶联合区(Corbetta, Kincade, Ollinger, Mcavoy, & Shulman, 2000; Shulman, Tansy, Kincade, Petersen, Mcavoy, & Corbetta, 2002), 顶上沟区域是定向网络的关键(Andersen, Snyder, Bradley, & Xing, 1997)。脑损伤的研究也证实了多空间表征激活在顶叶皮层(Friedrich, Egly, Rafal, & Beck, 1998)。前脑基底节受类胆碱系统的调节, 对定向神经网络有重要的调控作用(Marrocco & Davidson, 1998)。定向功能皮层下神经激活在上丘(Ignashchenkova, Haarmeier, & Thier, 2004)。

执行控制负责监测和解决存在相互竞争的心理冲突的过程(Fan et al., 2006; Fan et al., 2009), 根据以往脑成像研究证实,前扣带回和背外侧前额皮质是执行控制网络中的起重要作用,执行控制网络涉及丘脑、左侧额上回、双侧额下回、右侧额中回、右侧带状回和小脑蚓部(Matsumoto & Tanaka, 2004b)。冲突控制主要通过自上而下的加工实现, 大脑前扣带回区域的主要功能为冲突监测, 而背外侧前额叶主要负责解决冲突(Wang et al., 2016), 注意网络测验的神经影像研究发现, 执行控制网络不仅依赖于前额叶皮层, 而是要依赖于广泛分布的额顶网络。脑损伤研究发现前扣带皮层损害的患者不能很好的完成执行控制任务(Fernandez-Duque & Posner, 2001; Posner & Rothbart, 1998)。腹侧背盖区的多巴胺系统对执行控制系统起重要的调控作用, 执行控制功能下降与多巴胺递质系统在内的某些神经递质浓度的降低和受体数量的减少有关(Braver, Gray, & Burgess, 2007)。研究报道执行功能缺乏主要与额叶损伤(Fotopoulou, Solms, & Turnbull, 2004), 包括额叶肿瘤(D'Esposito & Postle, 1999), 头部损伤及额颞叶痴呆有关。执行控制与额叶中线脑区, 前扣带回, 外侧前额叶等腹侧顶盖区, 也即多巴胺系统的目标区域(Macdonald et al., 2000; Bush, Luu, & Posner, 2000)。ANT测验中的冲突解决与两类多巴胺基因相关(Fossella, Sommer, Fan, Wu, Swanson, & Pfaff et al., 2002)。

4. 注意网络之间的整合及相互作用

尽管已有研究证明三个注意网络是相互独立的(Fan et al., 2006), 并且存在独立的神经基础(Fan et al., 2005), 新近越来越多的研究发现注意网络之间存在相互作用, 尤其是在注意网络测验修订之后, 注意网络之间的相互作用的神经机制得到进一步揭示(Fan et al., 2009)。三个注意功能网络的协同作用才能实现认知控制(Mackie, Dam, & Fan, 2013), 有证据表明注意网络的相互作用能够影响注意功能效率(Fan, Gu, Guise, Liu, Fossella, & Wang et al., 2009; Xuan et al., 2016)。警觉与执行控制的相互作用会增强冲突效应(Fan, Gu, Guise, Liu, Fossella, & Wang et al., 2009)。定向可以提高执行控制的效率(Fan et al., 2009; Alfredo, Yi, Melissa-Ann, Ming, Harvey, & Yanghua et al., 2015), 并且警觉可以影响定向的行为效应(Fuentes & Campoy, 2008)。

修订版的注意网络测验 fMRI 研究发现, 大脑皮层和皮层下区域会根据特定功能需求而相互协同作用以支持注意功能发挥(Fan, McCandliss, Fossella, Flombaum, Posner, 2005; Smith, Clithero, Rorden, & Karnath, 2013; Petersen, Robinson, & Morris, 1987; Posner, Walker, Friedrich, & Rafal, 1987; Shipp, 2004)。额顶控制网络在多种注意任务中都有激活, 其主要脑区包括背外侧前额叶, 额眼区域, 顶内沟, 前扣带回, 前脑岛, 基底节和丘脑区域(Weinbach, & Henik, 2012; Xuan, Mackie, Spagna, Wu, Tian, & Hof et al., 2016)。警觉功能激活的区域在额顶网络及蓝斑, 执行控制功能主要激活额顶网络及小脑区域, 警觉与执行控制的交互作用脑区集中在额顶网络区域(Xuan et al., 2016; Weinbach & Henik, 2012)。定向网络与感觉系统, 尤其是腹侧视觉脑区, 表现出更强的整合, 定向与执行控制相互作用脑区在丘脑区域, 这些研究共同表明皮层与特定的皮层下区域之间存在动态相互作用, 相互补充, 共同对注意功能的发挥起着非常关键的作用(Xuan et al., 2016)。

5. 总结与展望

近年来, 注意网络功能的研究主要指向于警觉, 定向和执行控制这三个注意网络的神经机制探索以及在脑网络研究框架下三个注意功能网络之间的相互作用(Mackie et al., 2013; Posner & Petersen, 2012; Raz & Buhle, 2006; Weinbach & Henik, 2012)。生化方面的研究发现, 特定的神经地质主要驱动某个特定的注意网络, 同时又对多个注意过程存在调节作用, 表现出注意网络间的相互影响(Sara & Bouret, 2012)。脑成像方面的研究发现注意各网络在额顶控制网络的重叠也证实了网络间的相互作用(Fan et al., 2005;

Vázquezmarrufo, Galvaocarmona, Gonzálezrosa, Hídalgo Muñoz, Borges, & Ruizpeña et al., 2014)。多方面的证据都表明注意网络之间既彼此独立又相互统一, 不同的注意网络以优化的分配方式相互独立或协同的完成复杂的注意过程。

就目前的研究而言, 尚且不能对注意网络的神经机制给出确切的解释。基于以往研究看, 不同的研究范式会引发不同的研究结果和理论解释。不同研究所着眼的重点存在不同侧重, 例如原版的注意网络测试简便易行, 适应性强, 但只能衡量三个注意网络独立的功能效率, 不能对网络之间的相互作用进行研究; 修订的注意网络测验可以测量网络间的相互作用, 可结果计算不如原测验简便, 仍需得到更多的研究验证。现研究测验主要为针对注意外源性警觉及定向功能的效率测验, 尚未有对相位性警觉和内源性定向进行研究的测验范式, 并且注意定向相关的背侧和腹侧注意系统之间相互关系还不甚明了。因此, 改善实验设计, 探明影响各网络相互独立与协作的影响因素, 以及各网络内部的作用机制是未来研究需要着力的方向。

新近的研究深入到关于注意神经递质及基因组方向的研究。随着注意网络研究的不断扩展, 研究表现出多样化临床化倾向。借先进脑成像技术的推进, 研究需要探索出一个新的整合模式指导, 以期未来研究更有指向性, 明确性。基于神经影像技术的海量数据可用于提取活体人脑的全脑结构与功能连接模式。另外, 数据处理的方法上也需要进一步发展, 以揭示这些脑网络的组织形式及其拓扑性质, 形成更完善的计算与分析框架, 能够从系统的角度揭示人脑的工作机制以及脑疾病发生、发展的病理机制, 更可能推动脑功能神经机制的研究新的突破和进展。

参考文献 (References)

- 胡楠茶, 许百华(2012). *心智游移和注意网络关系的研究*. 博士论文, 浙江大学, 杭州。
- 罗跃嘉, 魏景汉(2004). *注意的认知神经科学研究*. 北京: 高等教育出版社, 24-26。
- 唐丹丹(2016). 冲突适应的性别差异. *心理技术与应用*, 4(7), 389-398。
- 赵晓月, 唐丹丹(2015). 冲突适应过程中的神经信息传递机制. *心理技术与应用*, (5), 10-19。
- Alfredo, S., Yi, D., Melissa-Ann, M., Ming, L., Harvey, P. D., Yanghua, T. et al. (2015). Clozapine Improves the Orienting of Attention in Schizophrenia. *Schizophrenia Research*, 168, 285-291.
- Andersen, R. A., Snyder, L. H., Bradley, D. C., & Xing, J. (1997). Multimodal Representation of Space in the Posterior Parietal Cortex and Its Use in Planning Movements. *Annual Review of Neuroscience*, 20, 303-330. <https://doi.org/10.1146/annurev.neuro.20.1.303>
- Aron, A. R., Fletcher, P. C., Bullmore, E. T., Sahakian, B. J., & Robbins, T. W. (2003). Stop-Signal Inhibition Disrupted by Damage to Right Inferior Frontal Gyrus in Humans. *Nature Neuroscience*, 6, 115-116. <https://doi.org/10.1038/nn1003>
- Aron, A. R., Monsell, S., Sahakian, B. J., & Robbins, T. W. (2004). A Componential Analysis of Task-Switching Deficits Associated with Lesions of Left and Right Frontal Cortex. *Brain*, 127, 1561-1573. <https://doi.org/10.1093/brain/awh169>
- Beane, M., & Marrocco, R. T. (2004). Norepinephrine and Acetylcholine Mediation of the Components of Reflexive Attention: Implications for Attention Deficit Disorders. *Progress in Neurobiology*, 74, 167-181.
- Braver, T. S., Gray, J. R., & Bugess, G. C. (2007). Explaining the Many Varieties of Working Memory Variation: Dual Mechanisms of Cognitive Control. In A. R. A. Conway, C. Jarrold, M. J. Kane, A. Miyake, & J. N. Towse (Eds.), *Variation in Working Memory* (pp. 76-106). New York: Oxford University Press.
- Bush, G., Luu, P., & Posner, M. I. (2000). Cognitive and Emotional Influences in Anterior Cingulate Cortex. *Trends in Cognitive Sciences*, 4, 215-222. [https://doi.org/10.1016/S1364-6613\(00\)01483-2](https://doi.org/10.1016/S1364-6613(00)01483-2)
- Cohen, J. D., & Aston-Jones, G. (2005). Cognitive Neuroscience: Decision Amid Uncertainty. *Nature*, 436, 471-472.
- Corbetta, M., & Shulman, G. L. (2002). Control of Goal-Directed and Stimulus-Driven Attention in the Brain. *Nature Reviews Neuroscience*, 3, 201-215. <https://doi.org/10.1038/nrn755>
- Corbetta, M., Kincade, J. M., Ollinger, J. M., Mcavoy, M. P., & Shulman, G. L. (2000). Voluntary Orienting Is Dissociated from Target Detection in Human Posteriorparietal Cortex. *Nature Neuroscience*, 3, 292-297. <https://doi.org/10.1038/73009>

- D'Esposito, M., & Postle, B. R. (1999). The Dependence of Span and Delayed-Response Performance on Prefrontal Cortex. *Neuropsychologia*, *37*, 1303-1315.
- Dickenson, J., Berkman, E. T., Arch, J., & Lieberman, M. D. (2013). Neural Correlates of Focused Attention during a Brief Mindfulness Induction. *Social Cognitive & Affective Neuroscience*, *8*, 40-47. <https://doi.org/10.1093/scan/nss030>
- Engle, R. W., & Kane, M. J. (2003). Executive Attention, Working Memory Capacity, and a Two-Factor Theory of Cognitive Control. *Psychology of Learning & Motivation*, *44*, 145-199.
- Eriksen, B. A., & Eriksen, C. W. (1974). Effects of Noise Letters upon the Identification of a Target Letter in a Nonsearch Task. *Perception & Psychophysics*, *16*, 143-149. <https://doi.org/10.3758/BF03203267>
- Fan, J., Gu, X., Guise, K. G., Liu, X., Fossella, J., Wang, H. et al. (2009). Testing the Behavioral Interaction and Integration of Attentional Networks. *Brain and cognition*, *70*, 209-220.
- Fan, J., Mccandliss, B. D., Fossella, J., Flombaum, J. I., & Posner, M. I. (2005). The Activation of Attentional Networks. *NeuroImage*, *26*, 471-479.
- Fan, J., Mccandliss, B. D., Sommer, T., Raz, A., & Posner, M. I. (2002). Testing the Efficiency and Independence of Attentional Networks. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *14*, 340-347. <https://doi.org/10.1162/089892902317361886>
- Fan, J., Mccandliss, B., Sommer, T., & Raz, A. (2006). Testing the Efficiency and Independence of Attentional Networks. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *14*, 340-347. <https://doi.org/10.1162/089892902317361886>
- Farrant, K., & Uddin, L. Q. (2015). Asymmetric Development of Dorsal and Ventral Attention Networks in the Human Brain. *Developmental Cognitive Neuroscience*, *16*, 165-174.
- Fernandez-Duque, D., & Posner, M. I. (2001). Brain Imaging of Attentional Networks in Normal and Pathological States. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, *23*, 74-93. <https://doi.org/10.1076/jcen.23.1.74.1217>
- Fossella, J., Sommer, T., Fan, J., Wu, Y., Swanson, J. M., Pfaff, D. W. et al. (2002). Assessing the Molecular Genetics of Attention Networks. *BMC Neuroscience*, *3*, 14. <https://doi.org/10.1186/1471-2202-3-14>
- Fotopoulou, A., Solms, M., & Turnbull, O. (2004). Wishful Reality Distortions in Confabulation: A Case Report. *Neuropsychologia*, *42*, 727-744.
- Friedrich, F. J., Egly, R., Rafal, R. D., & Beck, D. (1998). Spatial Attention Deficits in Humans: A Comparison of Superior Parietal and Temporal-Parietal Junction Lesions. *Neuropsychology*, *12*, 193-207. <https://doi.org/10.1037/0894-4105.12.2.193>
- Fuentes, L. J., & Campoy, G. (2008). The Time Course of Alerting Effect over Orienting in the Attention Network Test. *Experimental Brain Research*, *185*, 667-672. <https://doi.org/10.1007/s00221-007-1193-8>
- Gao, W., Gilmore, J. H., Shen, D., Smith, J. K., Zhu, H., & Lin, W. (2013). The Synchronization within and Interaction between the Default and Dorsal Attention Networks in Early Infancy. *Cerebral Cortex*, *23*, 594.
- Geyer, S., Ledberg, A., Schleicher, A., Kinomura, S., Schormann, T., & Burgel, U. et al. (1996). Two Different Areas within the Primary Motor Cortex of Man. *Nature*, *382*, 805-807.
- Greene, D. J., Barnea, A., Herzberg, K., Rassis, A., Neta, M., Raz, A. et al. (2008). Measuring Attention in the Hemispheres: The Lateralized Attention Network Test (LANT). *Brain & Cognition*, *66*, 21-31.
- Hackley, S. A., & Valleinclán, F. (1999). Accessory Stimulus Effects on Response Selection: Does Arousal Speed Decision Making? *Journal of Cognitive Neuroscience*, *11*, 321-329. <https://doi.org/10.1162/089892999563427>
- Hackley, S. A., & Valle-Inclán, F. (2003). Which Stages of Processing Are Speeded by a Warning Signal? *Biological Psychology*, *64*, 27-45.
- Haykin, S., Fatemi, M., Setoodeh, P., & Xue, Y. (2012). Cognitive Control. *Proceedings of the IEEE*, *100*, 3156-3169. <https://doi.org/10.1109/JPROC.2012.2215773>
- Hu, C., Di, X., Eickhoff, S. B., Zhang, M., Peng, K., Guo, H. et al. (2015). Distinct and Common Aspects of Physical and Psychological Self-Representation in the Brain: A Meta-Analysis of Self-Bias in Facial and Self-Referential Judgements. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, *61*, 197-207.
- Ignashchenkova, A., Haarmeier, T., & Thier, P. (2004). The Role of the Superior Colliculus in Covert Shifts of Attention. *Dynamic Perception: Workshop of the GI Section "Computer Vision"*, Eberhard Karls University Tübingen, Max Planck Institute for Biological Cybernetics, Tübingen, November (p. 95).
- Kratz, O., Studer, P., Malcherek, S., Erbe, K., Moll, G. H., & Heinrich, H. (2011). Attentional Processes in Children with ADHD: An Event-Related Potential Study Using the Attention Network Test. *International Journal of Psychophysiology*, *81*, 82-90.
- LaBerge, D. (2000) Networks of Attention. In M. S. Gazzaniga (Ed.), *The New Cognitive Neurosciences* (pp. 711-724). Cambridge, MA: MIT Press.
- Macdonald, A. W., Cohen, J. D., Stenger, V. A., & Carter, C. S. (2000). Dissociating the Role of the Dorsolateral Prefrontal

- and Anterior Cingulate Cortex in Cognitive Control. *Science*, 288, 1835-1838.
<https://doi.org/10.1126/science.288.5472.1835>
- Mackie, M. A., Dam, N. T. V., & Fan, J. (2013). Cognitive Control and Attentional Functions. *Brain & Cognition*, 82, 301-312.
- Marrocco, R. T., & Davidson, M. C. (1998). Neurochemistry of Attention. In R. Parasuraman (Ed.), *The Attentive Brain* (pp. 35-50). Cambridge, MA: The MIT Press.
- Matsumoto, K., & Tanaka, K. (2004a). Conflict and Cognitive Control. *Science*, 303, 969-970.
<https://doi.org/10.1126/science.1094733>
- Matsumoto, K., & Tanaka, K. (2004b). The Role of the Medial Prefrontal Cortex in Achieving Goals. *Current Opinion in Neurobiology*, 14, 178-185.
- Paus, T., Zatorre, R. J., Hofle, N., Caramanos, Z., Gotman, J., & Petrides, M. et al. (1997). Time-Related Changes in Neural Systems Underlying Attention and Arousal during the Performance of an Auditory Vigilance Task. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 9, 392-408.
- Petersen, S. E., Robinson, D. L., & Morris, J. D. (1987). Contributions of the Pulvinar to Visual Spatial Attention. *Neuropsychologia*, 25, 97-105.
- Posner, M. I. (1978). Chronometric Explorations of Mind. Politics.
- Posner, M. I. (1980). Orienting of Attention. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 32, 3-25.
<https://doi.org/10.1080/00335558008248231>
- Posner, M. I., & Dehaene, S. (1994). Attentional Networks. *Trends in Neurosciences*, 17, 75-79.
- Posner, M. I., & Fan, J. (2008). Attention as an Organ System. In *Neurobiology of Perception & Communication: From Synapse to Society, De Lange Conference IV*. Vol.9780521869133.
- Posner, M. I., & Petersen, S. E. (1990). The Attention System of the Human Brain. *Annual Review of Neuroscience*, 13, 25-42. <https://doi.org/10.1146/annurev.ne.13.030190.000325>
- Posner, M. I., & Petersen, S. E. (2012). The Attention System of the Human Brain: 20 Years after. *Annual Review of Neuroscience*, 35, 73-89. <https://doi.org/10.1146/annurev-neuro-062111-150525>
- Posner, M. I., & Rothbart, M. K. (1998). Attention, Self-Regulation and Consciousness. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 353, 1915. <https://doi.org/10.1098/rstb.1998.0344>
- Posner, M. I., & Snyder, C. R. R. (1975). Attention and Cognitive Control. *Acta Neurologica Scandinavica*, 74, 91-96.
- Posner, M. I., Inhoff, A. W., Friedrich, F. J., & Cohen, A. (1987). Isolating Attentional Systems: A Cognitive-Anatomical Analysis. *Psychobiology*, 15, 107-121.
- Posner, M. I., Rafal, R. D., Choate, L. S., & Vaughan, J. (1985). Inhibition of Return: Neural Basis and Function. *Cognitive Neuropsychology*, 2, 211-228. <https://doi.org/10.1080/02643298508252866>
- Posner, M. I., Walker, J. A., Friedrich, F. J., & Rafal, R. D. (1984). Effects of Parental Injury on Covert Orienting of Attention. *Journal of Neuroscience*, 4, 1863-1874.
- Raz, A., & Buhle, J. (2006). Typologies of Attentional Networks. *Nature Reviews Neuroscience*, 7, 367-379.
<https://doi.org/10.1038/nrn1903>
- Sack, A. T. (2009). Parietal Cortex and Spatial Cognition. *Behavioural Brain Research*, 202, 153-161.
- Sara, S. J., & Bouret, S. (2012). Orienting and Reorienting: The Locus Coeruleus Mediates Cognition through Arousal. *Neuron*, 76, 130-141. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2012.09.011>
- Shipp, S. (2004). The Brain Circuitry of Attention. *Trends in Cognitive Sciences*, 8, 223-230.
<https://doi.org/10.1016/j.tics.2004.03.004>
- Shulman, G. L., Tansy, A. P., Kincade, M., Petersen, S. E., Mcavoy, M. P., & Corbetta, M. (2002). Reactivation of Networks Involved in Preparatory States. *Cerebral Cortex*, 12, 590-600. <https://doi.org/10.1093/cercor/12.6.590>
- Simon, J. R. (1969). Reactions toward the Source of Stimulation. *Journal of Experimental Psychology*, 81, 174-176.
<https://doi.org/10.1037/h0027448>
- Simon, T. J., Bish, J. P., Bearden, C. E., Ding, L., Ferrante, S., Nguyen, V. et al. (2005). A Multilevel Analysis of Cognitive Dysfunction and Psychopathology Associated with Chromosome 22q11.2 Deletion Syndrome in Children. *Development and Psychopathology*, 17, 753-784. <https://doi.org/10.1017/S0954579405050364>
- Smith, D. V., Clithero, J. A., Rorden, C., & Karnath, H. O. (2013). Decoding the Anatomical Network of Spatial Attention. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 110, 1518-1523.
<https://doi.org/10.1073/pnas.1210126110>
- Stroop, J. R. (1935). Studies of Interference in Serial Verbal Reactions. *Journal of Experimental Psychology*, 18, 643-662.

- Van Vleet, T. M., Chen, A., Vernon, A., Novakovicagopian, T., & D'Esposito, M. T. (2014). Tonic and Phasic Alertness Training: A Novel Treatment for Executive Control Dysfunction Following Mild Traumatic Brain Injury. *Neurocase*, *21*, 489-498.
- Vázquezmarrufo, M., Galvaocarmona, A., Gonzálezrosa, J. J., Hídalgo Muñoz, A. R., Borges, M., Ruizpeña, J. L. et al. (2014). Neural Correlates of Alerting and Orienting Impairment in Multiple Sclerosis Patients. *PLoS ONE*, *9*, e97226. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0097226>
- Vincent, J. L., Kahn, I., Snyder, A. Z., Raichle, M. E., & Buckner, R. L. (2008). Evidence for a Frontoparietal Control System Revealed by Intrinsic Functional Connectivity. *Journal of Neurophysiology*, *100*, 3328-3342. <https://doi.org/10.1152/jn.90355.2008>
- Wang, X., Zhao, X., Gui, X., & Chen, A. (2016). Alertness Function of Thalamus in Conflict Adaptation. *NeuroImage*, *132*, 274-282.
- Weinbach, N., & Henik, A. (2012). The Relationship between Alertness and Executive Control. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception & Performance*, *38*, 1530-1540. <https://doi.org/10.1037/a0027875>
- Xuan, B., Mackie, M. A., Spagna, A., Wu, T., Tian, Y., Hof, P. R. et al. (2016). The Activation of Interactive Attentional Networks. *NeuroImage*, *129*, 308-319.

期刊投稿者将享受如下服务:

1. 投稿前咨询服务 (QQ、微信、邮箱皆可)
2. 为您匹配最合适的期刊
3. 24 小时以内解答您的所有疑问
4. 友好的在线投稿界面
5. 专业的同行评审
6. 知网检索
7. 全网络覆盖式推广您的研究

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: ap@hanspub.org