

社会性注意的特异性认知神经机制*

纪皓月^{1,2)} 王莉^{1,2)**} 蒋毅^{1,2)}

⁽¹⁾ 中国科学院心理研究所, 脑与认知科学国家重点实验室, 脑科学与智能技术卓越创新中心, 北京 100101;

⁽²⁾ 中国科学院大学心理学系, 北京 100049)

摘要 社会性注意对人类的社会交往甚至是生存发展都有至关重要的作用。近年来, 研究者利用心理物理学实验范式(中央线索范式的变式)结合脑功能成像技术(ERP、fMRI、MEG等)以及神经心理学方法(脑损伤病人), 系统探究了社会性注意在认知神经机制方面的特异性。社会线索(眼睛注视、头部朝向、生物运动行走方向)均能诱发独特的反射性注意定向效应, 并且该注意效应在行为和神经层面上区别于非社会线索(箭头)诱发的注意效应。然而也有研究者对此提出质疑, 因此有关社会性注意是否特异于非社会性注意仍然存在争议, 有待进一步研究。社会性注意特异性认知神经机制的相关研究一方面能够为人类大脑中是否存在一个专门的“社会性注意探测器”提供证据, 另一方面也为社会性注意在自闭症的早期诊断与干预中的应用提供实验依据, 具有重要的理论意义和社会应用价值。

关键词 社会性注意, 眼睛注视, 生物运动, 箭头, 自闭症
学科分类号 B84, B842

DOI: 10.16476/j.pibb.2017.0176

在日常生活中, 当我们走在路上看到有一群人一起看着某一个方向时, 我们会有意或无意地将自己的注意力转向他们正在注意的方向和关注的事物。这一将我们自身的注意定向到他人的注意焦点处的现象被称为“社会性注意”(social attention)^[1-2]。社会性注意技能对人类的社会交往甚至是生存发展都有着至关重要的作用。它有助于人们进一步推测他人的行为意图和心理状态, 因此社会性注意也是个体发展心理理论所必须具备的重要能力之一^[3-4]。不仅如此, 在漫长的进化史当中, 无论是以捕食者还是被捕食者的身份, 人类都需要社会性注意的帮助来共享环境中的重要事件和关键信息, 从而获得食物和躲避危险, 赢得进化战争的胜利。可以说, 对社会性注意的研究有利于揭示人们加工他人内心状态的机制, 了解非语言信息在每一个参与社交的个体之间有效传递的过程。另外, 相关研究对于缺乏这种能力的个体——自闭症患者的诊断与治疗也具有重要的理论价值。关于社会性注意的研究已经成为人类注意研究以及心理学在应用领域中的一大热点和重要课题。

1 不同社会线索诱发的注意效应

1.1 眼睛注视诱发的注意效应

眼睛注视(eye gaze)是传递非语言信息的一种重要方式, 它包含直观且丰富的方向信息, 是社会性注意最关键的线索。在日常生活中, 我们对他人的眼睛及眼睛的视线表现出了极高的关注^[5]。通过观察他人的眼睛注视方向可以捕捉他人当下的注意焦点, 进而推断他人的意图^[2]。这种对他人视线的追随行为在生命早期就已表现出来, 它能够帮助婴儿通过他人来学习所处的世界(如物体的名字), 从而能够支持语言学习及心理理论发展^[4, 6-8]。Hood, Willen 和 Driver^[7]发现当电脑屏幕上所呈现的眼睛

* 国家自然科学基金(31525011, 31671137), 中国科学院前沿科学重点研究项目(QYZDB-SSW-SMC030)和中国科学院青年创新促进会(2014073)资助。

** 通讯联系人。

Tel: 010-64871238, E-mail: wangli@psych.ac.cn

收稿日期: 2017-08-31, 接受日期: 2017-09-25

注视方向发生转移时, 出生仅 3 个月的婴儿就表现出追随的能力. Farroni 等^[6]指出, 即使是刚出生 2~5 天的婴儿, 他们一旦发现瞳孔位置移动, 就会自动追随眼睛注视方向. 有研究者进一步表明 9 个月大的婴儿甚至能够对静止的偏移视线做出反应^[8]. 此外, 在发展另一端的老年观察者(75~91 岁)仍然保持着良好的注视追随能力^[9]. 然而最近也有研究表明老年人的注视追随能力相较年轻人有所下降^[10].

在实验室中, Posner^[11]最早采用空间线索范式(中央线索范式和外周线索范式)探索注意资源的空间分配特点, 发现呈现在屏幕中央的具有预测性的箭头线索(中央线索)或者呈现在外周视野不具有预测性的线索(外周线索)均可以对随后呈现在屏幕一侧的靶子起到线索化作用, 也就是说被试能更快地探测到与线索指向或出现位置相一致的靶子. 其中, 中央线索范式的变式随后被广泛用来测量由眼睛注视所诱发的社会性注意效应^[12-17]. 这种简单的任务能够很好地模拟社会性注意并探测其机制. 具体而言, 将眼睛注视方向向左或向右的人脸刺激呈现在屏幕中央, 让被试判断接下来快速闪过的靶子出现的位置. 实验中靶子出现在眼睛注视方向一侧的情况称为一致条件, 靶子出现在眼睛注视方向相反侧的情况称为不一致条件, 结果发现在一致条件下被试能更快探测到靶子位置, 表明在靶子呈现前被试已经将注意转向了眼睛注视的方向, 导致被试对注视位置的靶子反应时更短. 注视线索特殊的表现在于虽然呈现在中央视野(类似中央线索范式), 但诱发的效应却类似于外周线索——虽然二者都不能预测靶子出现的位置, 却都能分别引起被试对线索指向位置或线索出现位置的注意定向. 注视线索效应的产生非常快速, 在注视刺激出现 100 ms 左右就已出现, 与外周线索的反射性效应相类似^[16, 18]. 不仅如此, 当眼睛注视线索对目标位置具有相反的预测性(目标总是出现在与注视方向相反的位置)时, 它仍能指引注意转移到注视方向上^[12, 14, 17]. 此外, 注视线索效应不受认知负荷的影响, 不需要意识参与, 即注视方向处于不可见的状态时也同样可以诱发注意转移, 同时激活颞中回、顶下小叶等广泛的脑区^[19-21]. 即使是在复杂的注视场景中, 被试的注意也仍会自动定向到大多数人所注视的地方^[22]. 这些特点共同表明眼睛注视线索的作用具有自动化和反射性的特性, 因此眼睛注视所诱发的注意效应也被称为反射性注意定向(reflexive attentional

orienting)^[15]. 这一新奇的注意效应得到研究者们的广泛关注, 大量的研究发现注视线索效应受到诸多社会因素的影响, 如群体^[22]、政治倾向^[23]、社会地位^[24]以及社会交互历史^[25]等等.

值得提到的是注视追随行为在其他灵长类动物(如猴子)身上也能观察到^[26-27], 并且似乎具有与人类的注视追随行为相同的发展历程^[28]. Deaner 和 Platt^[26]将视线偏移的恒河猴图片作为线索呈现在屏幕中央, 发现无论是恒河猴还是人类被试都会在判断靶子位置时表现出相似的反射性定向, 而且恒河猴和人类被试的眼球位置还会向图片中恒河猴视线方向略微偏移. 研究者还发现, 先天对面部动作模仿能力强的猴子相比模仿能力差的猴子具备更好的注视追随能力, 但注视追随能力差的猴子可以通过后天参与更多的社会交互活动弥补这个弱点^[29]. 注视追随能力跨种族存在的现象说明注视追随的机制很有可能存在一定的进化基础, 对视线的感知可能是灵长类动物天生具备的能力, 而非仅仅是后天习得的反应. Baron-Cohen 及其同事曾提出存在一个先天的支持“眼睛方向探测器”(eye direction detector)的模块专门用于识别环境中眼睛注视方向^[3].

1.2 头部朝向诱发的注意效应

眼睛注视能够提供最可靠和最显著的关于他人注意方向的线索, 但它并不是唯一的线索. 研究表明反射性注意定向效应也能够发生在其他种类的社会线索中, 比如头部朝向^[16, 30-33]. Hietanen^[34-35]指出, 注视方向和头部朝向不是独立的, 而是综合在一起被人类感知的, 当注视方向和头部朝向一致时, 实际上视线没有偏移, 而当注视方向和头部朝向出现某个角度偏差时, 视线才存在偏向, 因此也才能诱发注意效应. Lu, Liu 和 Fu^[36]的结果也支持 Hietanen 的观点, 并且强调注视方向和头部朝向一起诱发的注意定向需要意识的参与. 最近的一项研究试图研究头部朝向线索引起的注意效应是否存在性别差异, 结果发现与眼睛注视线索不同, 头部朝向线索所诱发的注意效应不受被试性别的调节^[37]. 与注视追随行为一样, 头部朝向诱发的注意效应也同样能够在猴子身上观察到^[38-39]. 早先研究认为, 恒河猴在同时感知注视线索和头部朝向线索时, 注视线索更为重要, 这是因为颞上沟(superior temporal sulcus, STS)细胞优先编码注视线索^[39]. 随后出现了不同的观点, 认为头部朝向线索对于恒河猴而言其重要性可能相当于眼睛注视线索之于人类^[38].

1.3 生物运动行走方向诱发的注意效应

基于眼睛注视特殊的认知特性及其在社会性注意中独特的线索作用, 对其加工机制的研究一直是认知心理学、发展心理学、神经心理学和认知神经科学等众多领域的热点之一, 备受国内外研究者的关注^[2, 40-42]。相比而言, 有关生物运动行走方向(biological motion walking direction)在社会性注意中的线索作用则较少受到关注。表征生物运动行走方向的刺激在视觉物理特性上与眼睛注视刺激非常不一样。在生物运动知觉研究中常用的刺激为光点运动序列^[43]。这种刺激通过计算机合成或通过三维运动捕获系统获取, 它去除了人们所熟悉的形状信息, 仅用附着在重要关节处的光点的运动来表征生物体运动模式。尽管光点生物运动刺激在视觉特征上和面孔刺激非常不同, 以往的研究表明它仍然具有和面孔相似的加工特性^[44]。和眼睛注视一样, 研究者认为视觉系统可能对生物运动行走方向具有先天的敏感性^[45]。6个月大的婴儿就已经能够区分光点组成的步行者的行走方向^[46]。此外, Vallortigara和Regolin^[47]的研究也表明, 没有任何视觉经验的雏鸡会摇摆自己的身体使自己与光点动物的走动方向保持相同的方向。

Shi等^[48]最早将生物运动行走方向引入注意研究, 发现生物运动行走方向可以诱发反射性注意定向, 而静态的生物运动图片和非生物刺激则不能诱发注意的定向效应。随后一项发展的研究采用眼动技术对6个月大的婴儿和成人进行实验, 发现只有正立的生物运动刺激可以同时诱发6个月大的婴儿和成人的视觉空间定向, 表现为被试对靶子出现位置更短的眼跳潜伏期, 而非生物的滚动圆圈刺激只能诱发成人的注意转移, 表明生物运动行走方向诱发的注意效应在人类生命早期就已有所表现^[49]。有研究者指出生物运动行走方向能够促进观察者对外周靶子的眼动扫视, 并且这种促进作用主要依赖于脚步运动^[50]。Wang等^[51]采用一种去除了整体形状信息的特殊的脚步运动刺激(运动信息由两个附着在脚踝上的运动着的光点组成), 发现正立而非倒立的局部生物运动线索仍然可以诱发反射性的注意定向。进一步的脑电研究表明, 脚步运动刺激作为中央线索时能够在较早的时间窗口上(100~160 ms)诱发早期定向注意负波(early directing attention negativity, EDAN)。EDAN指的是出现在顶枕区线索指示方向的对侧半球更负的波, 它与方向性信息加工及空间注意的重新定向有关。有意思的是, 在

被试完全不知道脚步运动刺激的性质即只能知觉到两个点在随机运动的情况下, 脚步运动刺激仍然能够自动诱发EDAN。研究者认为, 对局部的脚步信息的加工能力可能是大脑的一种预警系统, 在复杂或危急的环境中这种预警系统能够帮助我们快速知晓他人的意图。结合先前关于局部生物运动信息自动加工的证据^[52-53], 该研究揭示了在我们的大脑中很有可能存在对局部生物运动方向信息敏感的先天机制。随后一项发展研究也指出4岁的儿童就可以利用生物运动信号进行注意定向, 并且他们大脑的注意定向会由一个广泛的加工过程逐渐转向成人表现出的精细加工, 体现在倒置效应的出现^[54]。这个研究再次证明了人类对生物运动的感知具有特殊且重要的地位, 并且揭示出除了先天机制的作用, 后天经验、学习同样在生物运动信息知觉所涉及的特异性神经网络的形成中起重要作用。

2 社会性注意机制的理论解释

2.1 内源性理论

目前关于社会性注意究竟属于何种注意形式仍然存在分歧, 研究者们提出了四种理论假设。其中一种理论观点认为眼睛注视线索诱发的反射性注意效应是内源性注意的一种。内源性(endogenous)注意与外源性(exogenous)注意的概念最早由Posner^[11]提出, 是内隐(covert)注意转移的两种形式。其中, 内源性注意指个体根据自己的目标或意图来分配注意、支配行为, 它依赖于前额叶的脑区活动。内源性注意相比于外源性注意通常表现出两个特点, 一是出现的较晚(线索呈现后300 ms左右)^[55], 二是不出现返回抑制现象(inhibition of return)^[56]。支持内源性理论的证据主要来自Frischen和Tipper^[57]以及Vecera和Rizzo^[58-59]。一方面, 眼睛注视效应的时程与内源性注意更为相似, 表现在能够产生更长时间的促进效应以及抑制作用出现时间的延迟^[57]。另一方面, 通过对前额叶损伤的病人EVR进行研究, Vecera和Rizzo^[58-59]发现病人既不能被内源性的单词线索、也不能被眼睛注视线索诱发注意效应, 但却可以被外周线索诱发注意定向。研究者据此推测, 眼睛注视线索诱发的注意效应依赖于前额叶的加工, 是一种内源性注意, 而非反射性的外源性注意^[58]。

然而来自Vecera等的证据也受到许多研究者的质疑。比如, Bayliss等^[60]发现眼睛注视效应存在性别差异, 并非所有人都能被眼睛注视线索诱发注

意效应,尤其是男性.男性病人 EVR 没有表现出注视线索效应可能并非因为前额叶的损伤,他可能在脑损伤之前就不会出现由眼睛注视线索诱发的注意定向^[15].还有研究者则提出,眶额叶皮层的损伤会破坏 EVR 病人对社会性信息的理解,从而难以出现眼睛注视的注意定向现象^[61].

2.2 外源性理论

外源性注意指由外部信息引起的个体注意,通常由出现在外周视野的线索引起,在线索呈现后的 100 ms 左右就能快速出现,且难以被抑制,具有反射性的特征.社会性注意是一种外源性注意这一观点被大多数研究所支持,大量研究表明,呈现在屏幕中央的社会性线索对接下来出现的靶子即使不具有预测性、甚至是具有相反的预测性时,被试还是会快速(100 ms)将注意不自觉地定向到线索指示方向上^[12-14, 16],并不受自上而下加工的控制,与外源性注意十分类似.但社会性注意与外源性注意也不完全一致,主要表现在线索促进作用在时程上的延长以及延后的返回抑制现象.

2.3 内源-外源混合性理论

由于社会性注意既有内源性注意的特征,又同时具有外源性注意的特征,Klein 和 Shore^[62]提出了一种理论观点,认为社会性注意是一种内源-外源混合性的注意形式,社会性注意在时程的早期可能是外源性的加工方式,而随着时程的延长,逐渐转为内源性的加工方式.然而这一观点仍缺少实证研究的直接支持,尚停留在理论阶段.

2.4 独特的社会性注意理论

无论是内源性理论还是外源性理论,都不能完全解释社会性注意的所有性质.一些研究者认为,具有重要进化意义的社会性线索,虽然具有与外源性注意更为相似的反射性注意效应,但这种注意效应是一种独特的注意形式.这一观点主要反驳了外源性理论,其支持性证据来自 Friesen 和 Kingstone^[18]的行为实验以及 Kingstone 等^[63]对裂脑病人的研究.Friesen 和 Kingstone^[18]巧妙地让同一个结构化面孔既可以作为一个突然出现的线索(类似外周线索),又可以作为社会性的眼睛注视线索.此实验结果同时发现注视线索效应以及返回抑制效应的存在,并且彼此之间不存在干扰.而 Kingstone 等^[63]则发现社会性注意依赖于皮层间的通路连接,有别于外源性注意所依赖的皮层下通路.这两个研究结果共同支持社会性注意有别于经

典的外源性注意,是一种独特的注意形式.

3 非社会线索诱发的注意效应

除了和生物及种族演化有关的社会性线索外,同样具有方向信息但不具备生物意义的非社会性线索(如箭头)也能引起注意的转移.Jonides^[64]指出,呈现在中央视野、具有预测性的箭头可以诱发人类的注意定向,但这是由于观察者据其自身的行为意图,自主分配注意资源的内源性注意过程,不是自下而上、反射性的反应,当箭头失去预测性时注意效应也会随之消失.然而,随后研究者却发现没有目标预测性的箭头也能引发与注视线索相似的注意转移^[17, 65-69].例如 Ristic, Friesen 和 Kingstone^[68]发现无论是成人还是 3~5 岁的学龄前儿童都能被不具有预测性的箭头线索诱发注意定向.但也有研究者指出小于 5 岁的儿童在利用箭头线索进行注意定向时依赖的是线索的感知觉信息,而大于 5 岁的儿童才能够利用箭头线索蕴含的方向性概念信息进行注意定向^[70].Tipples^[69]认为,之所以前人研究中箭头和眼睛视线所诱发的效应不同,可能的原因有两个:一是线索的数量不同,Driver 等^[12]以眼睛视线为线索时呈现两只眼睛,而 Jonides^[64]以箭头为线索时只呈现一个箭头,导致线索的显著性可能不同;二是 Jonides 的实验中箭头呈现在注视点上,被试可能只注视箭头的某一部分,进而影响被试对箭头的整体加工.据此,Tipples 在注视点的左右两侧同时呈现两个方向一致的箭头,结果发现尽管被试知道箭头方向与目标出现位置无关,被试依然对箭头指向的目标位置反应更快.有人质疑被试可能把注视点和两个箭头知觉为类似人脸中眼睛和鼻子的构型,为了消除这种可能的解释,Tipples 将箭头呈现在注视点的下方,同样得到了注意效应.此外,Ristic 和 Kingstone^[71]对箭头线索所诱发的注意定向进行了进一步的研究,通过与呈现在中央的具有预测性的数字线索(完全诱发内源性注意)进行对比,结果支持了不具有预测性的箭头线索诱发的是反射性注意定向.Ristic 和 Kingstone^[72]进一步通过双线索注意范式(double-cueing task)发现无论是具有预测性的外周线索还是具有预测性的中央数字线索都不会与不具有预测性的中央箭头线索产生交互作用,表明不具有预测性的箭头线索诱发的可能是一种独特的不同于外源性和内源性注意的自动符号定向(automated symbolic orienting).

4 社会与非社会线索诱发的注意效应的对比

有关箭头诱发注意效应的研究结果引起了研究者对眼睛视线索特殊性的质疑，以及关于社会性注意即眼睛注视所诱发的反射性注意定向效应是否具有独特性的争议和探索。表 1 列举了近 20 年来

将社会性注意和非社会性注意直接进行对比的主要研究。这些研究分别从行为层面和神经层面探究了社会性注意的特异性，其中一些研究提供了社会性注意独特于非社会性注意的证据，而另一些研究则没有发现社会性注意和非社会性注意之间的差异。

Table 1 Comparative studies of social and nonsocial attention
表 1 社会性与非社会性注意的对比研究结果

研究方法	代表性研究	研究任务	研究结果	结论
行为水平研究	Friesen, Ristic, Kingstone (2004)	具有相反预测性的中央线索任务	眼睛视线索诱发的注意效应仍然存在，箭头线索诱发的注意效应消失；眼睛视线索的反射性更强	社会性注意具有特异性
	Ristic, Wright, Kingstone (2007)	操控线索与靶子颜色的一致性	线索与靶子颜色不一致时，眼睛视线索诱发的注意效应仍然存在，箭头线索诱发的注意效应消失；眼睛视线索的反射性更强	
	Marotta <i>et al.</i> (2012)	设置基于客体与基于位置两种条件	眼睛视线索诱发的注意效应基于特定位置，箭头线索诱发的注意效应基于整个客体；两类注意定向性质不同	
	Marotta, Lupianez, Casagrande (2012)	设置左右视野两种条件	眼睛注视诱发的注意定向存在右半球偏侧化效应，箭头线索诱发的注意定向则不存在这样的偏侧化	
	Bayliss, Pellegrino, Tipper (2005)	中央线索范式的变式	眼睛视线索和箭头线索在诱发反射性注意定向时表现出相同的时间进程、效应量以及性别差异	社会性注意与非社会性注意没有差异
	Tipples (2008)	与 Friesen, Ristic & Kingstone (2004) 范式一致	当线索具有相反预测性时，眼睛视线索和箭头线索都可以诱发外源性注意定向	
	Nummenmaa, Hietanen (2009)	同时呈现社会与非社会两类线索	两类线索诱发反射性注意定向的地位相等	
神经水平研究	Kingstone, Tipper, Ristic, Ngan (2004)	采用含有方向信息的两可图片作为视觉线索(图片可以被知觉成社会或非社会线索)，结合 fMRI 技术	无论图片知觉成社会还是非社会线索均可以诱发注意效应，但只有社会线索可以激活 STS；社会与非社会线索所诱发的注意效应可能涉及不同的神经机制	社会性注意具有特异性
	Engell <i>et al.</i> (2010)	中央线索范式的变式结合 fMRI 技术	无效的箭头线索相比于有效的箭头线索而言会更强地激活腹侧注意网络，而眼睛视线索则不存在这样的现象；眼睛注视与箭头所诱发的注意效应可能涉及不同的神经机制	
	Tipper <i>et al.</i> (2008)	采用含有方向信息的两可图片(可以被知觉为眼睛侧影或箭头)，结合 fMRI 技术	知觉成眼睛或箭头线索均能诱发自动的注意定向，并且都能够激活背侧和腹侧额顶区网络；大脑中并不存在特殊的社会性注意加工区域	社会性注意与非社会性注意没有差异
	Sato, Kochiyama, Uono, Yoshikawa (2009)	采用带有方向性或不带有方向性的人脸图片、手势和箭头线索，结合 fMRI 技术	三类方向性线索诱发的注意转移具有共同的神经机制，涉及 STS、SPL、IFG 以及右半球的枕叶皮层；大脑中并不存在特殊的社会性注意加工区域	
	Uono, Sato, Kochiyama (2014)	采用带有方向性或不带有方向性的人脸图片和箭头线索，结合 MEG 技术	两类线索激活 STS 和 IFG 区域都是在线索呈现后的 200~400 ms 的时间窗内；两类线索诱发注意效应时涉及的脑区激活的时间进程相同	

4.1 行为水平研究

大量的行为实验直接对比了两类线索的效应，从不同角度提供了社会线索和符号线索诱发的注意效应的确存在差异的证据。首先，有研究者指出眼睛视线索相比箭头线索诱发出反射性更强的注意效应。Friesen, Ristic 和 Kingstone^[14]发现，虽然不具有预测性的眼睛视线索和箭头线索都可以诱发自动的注意定向，但当线索指向目标出现位置的概

率较低时，箭头所诱发的注意转移会消失，而眼睛视线索仍会违背自上而下的内源性注意控制。Ristic 等^[73]设计了线索与靶子颜色一致或不一致两种实验条件，结果表明眼睛视线索所诱发的反射性注意效应不受线索 - 靶子颜色一致性的影响，而箭头线索诱发的反射性注意定向则必须依赖于线索 - 靶子的颜色一致性。一项发展研究也指出 9 个月大的婴儿相比于非社会线索而言更容易被社会线索诱发

注意定向,表现为婴儿在社会线索条件下更长时间的注视与线索方向一致的靶子^[74]。其次,一些研究指出两类线索诱发的注意定向存在加工方式上的差异。Marotta等^[75]从基于客体/基于位置注意的角度研究了两类线索的注意定向,发现眼睛注视线索的注意定向是基于特定位置的,而箭头线索则是基于整个客体的。Marotta等^[76]进一步采用动态的空间线索范式,发现当整个客体处于观察者注意焦点时眼睛注视线索也能诱发基于客体的注意定向。不仅如此,研究者还发现注视线索诱发的注意定向存在右半球偏侧化效应^[77-78],只有呈现在左侧视野而非右侧视野的注视线索能诱发显著的注意定向。而箭头线索则不存在这样的偏侧化^[79]。Hayward和Ristic^[80]还从实验程序入手分析了经典的中央线索范式的变式,指出当改变经典范式的固有警觉(tonic alertness)和随意时间准备(voluntary temporal preparation)水平时,两类注意效应同样会发生分离。另外,有研究者另辟蹊径,打破经典的实验范式,进行更具有生态效度的实验室研究。一项研究考察被试对注视线索以及箭头线索在自然的复杂场景中的注意偏好,结果发现在自由注视时,被试会更快、更久地注意图片中人的眼睛部分,而较少注意箭头线索^[81-82]。最近的一项研究则针对出现在外周视野的注视线索和箭头线索进行研究,指出在外周视野箭头线索比注视线索更容易诱发注意定向,此时起主导作用的是线索形状而非线索的生物相关性^[83]。最后,两项针对不同被试群体的研究也发现,被试是否早期致聋^[84],以及被试的政治倾向^[23],都会影响眼睛注视而非箭头线索所诱发的被试的注意定向效应,表明两类线索诱发的注意效应涉及了不同的机制。

然而另一些研究得到不同的结论,一类研究主要从诱发内源性/外源性注意定向的角度探究眼睛注视线索和箭头线索是否存在差异。Tipples^[17]基本上重复了Friesen等^[14]的实验方法,但是Tipples通过相关分析指出,具有相反预测性的箭头与眼睛注视线索一样能诱发外源性注意定向,只是这种注意定向受到个体差异的影响,只有自我报告出注意控制能力强的被试以及能有效地根据线索进行注意重新定向的被试才能表现出这种自动注意定向,且这种自动注意定向与内源性注意定向在时间进程上有所重合,因此在较长的刺激不同步时间(stimulus onset asynchrony, SOA)条件下自动注意定向难以表现出来,只能表现出内源性注意定向。Marotta

等^[85]也推测两类线索都诱发了外源性注意定向,因为二者的注意效应同等地受到低警戒状态的影响,而低警戒状态会影响自下而上的外源性注意过程。还有一类研究主要关注两类线索之间的干扰作用。Nummenmaa和Hietanen^[86]同时呈现注视线索和箭头线索,其中一类作为真正的线索,而另一类作为干扰,结果发现两类线索在诱发反射性注意定向时的地位是相等的,但观察者会根据线索有效性的进行自上而下的注意调控。Sato等^[87]也指出眼睛注视、手势以及箭头线索在反应时上表现出了相同的注意定向效应。不仅如此,两类线索诱发的注意效应都难以被抑制,即使被试百分之百确定靶子出现的位置,干扰性的注视线索和箭头线索都能影响被试对靶子的探测^[88],还会影响对由注视点颜色所指示的靶子位置的随意眼动^[89-90]。两类线索对随意眼动的影响也都与被试年龄有关,儿童对眼睛注视和箭头作为干扰线索时的抑制能力要弱于成年人^[91]。此外,除了直接对比两类线索在诱发注意定向时的性质异同,还有研究发现两类线索表现出了相同的跨通道触压觉注意效应^[92]、靶子特性对注意效应的影响^[93]以及空间信息竞争导致的效应^[94],为社会性注意与非社会性注意不存在差异这一观点提供了支持性证据。

4.2 神经水平研究

除了行为研究外,一些脑损伤研究和神经成像研究也对社会和非社会线索的注意定向效应进行了探索,然而结果与行为研究面临相同的争议局面。Akiyama等^[95]研究了一名右侧颞上回(superior temporal gyrus, STG)损伤病人(MJ)的注意定向情况,发现眼睛视线不能诱发病人的注意效应,而箭头可以。这个实验虽然支持了两类线索诱发注意效应的机制不同,然而由于病人对眼睛视线的识别存在右半球偏侧化,这也可能导致实验结果的分离。同样,STS区域特别是STG区域萎缩的长期精神分裂症患者也表现出眼睛注视线索注意定向能力的损伤,而箭头线索诱发的注意效应则与正常人无异^[96]。此外,Akiyama等^[97]还研究了杏仁核单侧损伤病人的注意定向情况,发现眼睛注视线索难以诱发他们的反射性注意定向,而箭头线索仍然对他们产生了不自觉的注意定向作用。更进一步的研究来自对右侧空间忽视症病人的实验。研究者发现眼睛注视线索不能诱发忽视症患者的注意定向,而箭头诱发的注意定向与忽视症的严重程度相关^[98]。另一项对一名裂脑病人(JW)的研究则发现眼睛视线只有

呈现在左视野时才能诱发反射性注意定向^[63]。而箭头线索则无论呈现在左视野或右视野都具有线索化效应^[68]。综上, 这些脑损伤病人的研究从某种程度上表明了眼睛注视与箭头所诱发的注意效应可能涉及不同的神经机制, 但一个可能的解释是这些分离的结果是由面孔和眼睛加工特异性所导致, 而非眼睛注视诱发的注意定向本身引起^[2]。另外, 脑损伤研究也难以确定眼睛注视诱发注意定向所涉及的脑区。

有关社会与非社会线索诱发注意效应分离的更直接的证据来自于用 ERP 和 fMRI 等脑功能成像技术所进行的研究。一些研究者认为两类线索虽然在行为表现上没有区别, 但是在神经层面确实存在差异^[65-66]。Hietanen 等^[66]采用 fMRI 技术发现眼睛注视和箭头线索虽然都能诱发注意定向, 但两者涉及的脑区激活模式不同。眼睛注视诱发的注意定向激活了枕下回(inferior occipital gyrus, IOG)以及右侧枕中回(medial occipital gyrus, MOG)区域, 而箭头线索则表现出了更大范围的脑区激活, 除了激活与注视线索同样的 MOG、IOG 区域, 还激活了颞中回(medial temporal gyrus, MTG)、左侧顶下小叶(inferior parietal lobule, IPL)、右侧楔前叶(precuneus)、左侧中央后回(postcentral gyrus, PG)以及右侧额叶眼动区(frontal eye fields, FEF)、辅助眼区(supplementary eye field, SEF), 这些额外激活的脑区与内源性注意相关, 该研究结果与前人指出的眼睛注视线索相比于箭头线索而言诱发的注意定向反射性更强相一致^[14]。随后 Hietanen 等^[99]又采用 ERP 技术研究注视线索以及箭头线索所诱发的注意定向是否涉及相同的神经机制, 结果发现, 只有箭头线索才会诱发 220~260 ms 时窗内明显的 EDAN 和 321~340 ms 时窗内较弱的前部定向注意负波(the anterior directing attention negativity, ADAN), 而这里的 EDAN 和 ADAN 这两个波被认为与背侧额顶叶注意网络的活动有关, 涉及内源性注意的过程, 与 Hietanen 等^[66]的脑成像结果相符。Brignani 等^[100]曾在更早的时窗上(100~170 ms)发现了眼睛注视同样也可以诱发 EDAN。值得提到的是前人研究表明外源性注意比内源性注意在更早的时窗上诱发 EDAN^[101], 这个结果从侧面支持了眼睛注视线索可能诱发了外源性注意过程。Engell 等^[65]的脑成像研究结果也支持眼睛注视和箭头线索在诱发注意定向时涉及不同的脑加工机制, 他们发现无效的箭头线索相比于有效的箭头线索而言会更强地

激活腹侧注意网络, 然而眼睛注视线索则不存在这样的现象。另一项脑成像研究则指出眼睛注视线索激活枕-颞区域, 而箭头线索激活枕-顶区域, 这个结果也与人指出的箭头线索更依赖于内源性加工一致^[102]。Joseph, Fricker 和 Keehn^[103]则着重考虑了线索诱发自动的注意定向之后的注意重新定向过程。前人指出当靶子出现的位置违背观察者预期, 即线索指向无效时, 被试需要把注意重新定向到靶子实际的位置, 激活包括颞顶联合区(temporal parietal junction, TPJ)在内的腹侧额顶叶注意网络^[104]。在 Joseph 等的实验中, TPJ 和下侧顶叶皮层只参与了无效的注视线索诱发的注意重新定向过程, 无效的箭头线索不能激活这些脑区。因此, Joseph 等推测他们的结果虽然不能表明两类线索的加工机制有所差异, 但至少说明注视方向比箭头能更强烈地引起被试有关靶子位置的预期。

还有一些研究采用两可图片作为刺激材料来探究社会和非社会线索诱发注意效应在神经机制方面的异同。一项 fMRI 研究采用了一张含有方向信息的两可图片作为视觉线索, 图片既可以被知觉为一辆行驶的汽车, 也可以被知觉为一张视线偏移的眼睛图片。研究者发现无论被试把图片知觉为汽车还是眼睛都能引起反射性注意转移, 然而, 只有当图片被知觉为眼睛时, 被试的 STS 区域才能被激活^[105]。因此 Kingstone 等认为行为数据上的相似并不意味着潜在的神经机制也相同, 相比于非社会线索, STS 区域可以促进社会线索即眼睛注视所诱发的反射性注意定向。

然而另一些研究则否定了二者加工具有不同脑机制的观点。Tipper 等^[106]同样采用两可图片进行研究, 他们采用的图片可以被知觉为向左侧或右侧注视的眼睛侧影或者是指向左侧或右侧的箭头。fMRI 扫描结果显示无论被试把图片知觉为社会线索还是符号线索, 都能诱发自动的注意定向, 并且都能够激活背侧和腹侧额顶区网络, 只是当图片被视为眼睛时被试的腹侧额叶区和外侧枕叶区的激活度更高。Tipper 等据此推测, 大脑中并不存在特殊的社会性注意加工区域, 对社会线索的加工是注意加工区域最初的、也是最重要的任务, 而非社会性线索同样能导致注意转移则可能是注意加工区域功能上的延伸。另有研究者主要对诱发注意转移的方向性线索所涉及的神经机制进行研究, 认为社会性线索与非社会性线索在诱发注意转移时其神经机制可能具有相同的空间分布和时间进程。一项针对眼

睛注视、手势和箭头的 fMRI 研究指出, 当被试被动注视三类带有方向性的线索时, 相比无方向的线索而言会激活相同的脑区, 涉及 STS、IPL、额下回(IFG)以及右半球的枕叶皮层^[107]。此外, Uono, Sato 和 Kochiyama^[108]通过 MEG 手段进一步考察了社会和非社会线索诱发注意效应时涉及的脑区激活的时间进程是否相同, 发现无论是眼睛注视还是箭头线索激活 STS 和 IFG 区域都是在线索呈现后的 200~400 ms 的时窗内, 只是在 350~400 ms 的时窗内, 箭头和眼睛注视线索激活了不同脑区。除此之外, 也有研究者采用其他实验范式从侧面指出两类线索诱发的注意定向可能涉及相同的神经机制, 而非存在一个特殊的脑区加工社会性线索诱发的注意定向。Tipples, Johnston 和 Mayes^[109]改变了经典的实验范式, 在注视点呈现后先在外周视野呈现一个棋盘格作为靶子, 随后再呈现一个指向左侧或右侧的眼睛注视或箭头线索, 结果发现当线索指向位置与之前靶子的位置不一致即违背被试预期时, 两类线索都会诱发 N300 这个事件相关电位, 研究者认为这两类线索在违背预期时激活了相同的神经网络。与此结果类似的, Callejas, Shulman 和 Corbetta^[110]也认为两类线索在诱发注意定向以及重新定向的过程中激活相同的神经网络, 虽然他们采用的是具有预测性的线索, 但是他们发现两类线索在注意定向阶段和重新定向阶段都涉及相同的背侧注意网络和腹侧注意网络激活, 只是左半球顶内沟(intraparietal sulcus, IPS)只表现出对箭头注意定向效应的激活, 表明眼睛注视线索在诱发注意定向时具有更强的自动性。除了上述结果外, 一个新奇的观点是, 社会线索和非社会线索所诱发注意定向的本质可能更类似于内源性注意。一个 ERP 研究在对眼睛注视线索、箭头线索以及纯粹的内源性线索这三类线索诱发的注意效应的地形图进行系统分析时, 发现注视线索和箭头线索可能与纯粹的内源性线索共享相同的神经机制, 他们认为这两类线索在诱发快速的注意定向时是基于过度学习(overlearning)的过程而不是外源性注意过程^[100]。

眼睛注视线索在诱发注意定向时是否具有与箭头线索不同的机制, 无论是行为水平还是神经水平研究的结果都存在诸多争议, 难以盖棺定论。导致争议的原因有多个方面。首先, 实验采用的刺激材料并不统一, 有的研究采用结构化的人脸图片作为刺激^[66, 99], 而有的研究采用真实的人脸照片^[65, 103, 107-108], 有的研究者采用生活中更常见的单尾箭头^[65, 75, 107-108],

而有的研究则向被试呈现更具有平衡性的双尾箭头^[66, 99, 103]。其次, 不同研究根据实验目的及实验方法的不同, 或多或少的改变了经典的中央线索范式^[83, 109-110], 得到的结果只能从侧面说明两类线索在诱发注意定向时的性质异同, 但难以直接进行比较。最后, 上文提及的神经水平研究在时间跨度上较大, 随着技术的更新与发展, 许多 fMRI 研究对所采集的数据使用了不同的分析方法^[65-66, 103, 107], 这也可能导致实验结果存在诸多分歧。因此, 对于社会性注意是否特异于非社会性注意这一问题仍有待进一步的考察。

5 社会性注意与自闭症

绝大多数人都拥有非凡的社会性注意技能, 擅长追随他人的注视方向, 从而在社会交往中做出恰当的反应。但有一类特殊人群, 即具有社交障碍的自闭症患者却存在眼睛注视追随和联合注意缺陷^[111]。自闭症是一种程度最为严重的发展障碍疾病, 表现为严重的社会交互、交流、想象、游戏能力的损伤以及表现出明显的重复性和刻板性行为^[112]。由于自闭症患者缺乏社会交互能力, 一种普遍的观点认为自闭症患者相比于正常人而言也难以表现出社会性注意。社会性注意(如注视追随)的损害是自闭症的一个基本特征, 也是一个很好的早期预测指标^[113]。研究显示, 随后被诊断为自闭症的婴儿倾向于表现出更少的注意共享^[114-115]。有研究报告, 眼睛注视诱发自闭症患者的注意效应有所降低, 且在正常人群中眼睛注视诱发的注意效应的大小与自闭特质的分数成负相关^[60], 高自闭特质分数的人群对注视线索指向位置的注意水平显著低于低自闭特质分数的群体^[116]。但也有一些相反的证据表明眼睛注视线索能够诱发自闭症患者的注意定向行为^[112, 117-119]。得到这些不一致结果的原因可能与研究者们采用的被试年龄以及实验材料不同有关。

Swettenham 等^[119]的实验选择较大年龄的自闭症患者, 发现其与正常同龄人一样对眼睛注视表现出注意定向, 一个可能的原因是 10 岁左右的高功能自闭症患者已经通过过度学习掌握了注视线索与靶子之间的联系, 从而表现出了反射性注意定向。而年龄小的自闭症儿童较少注视他人的眼睛, 没有足够的机会学习这种联系。当研究者采用线条勾勒的眼睛注视以及抽象的光点运动组成的生物运动指示动作时并没有发现自闭症儿童的注意定向, 但采用人脸图片以及原始的生物运动视频时则发现了注

意定向, 这说明自闭症儿童比正常儿童需要更丰富的信息来推断他人的行为意图^[120]。有研究者认为在自闭症患者身上发现的眼睛注视诱发的注意效应, 很有可能并不是由眼睛注视的独特性所引起的, 他们可能以加工非社会线索的方式来加工社会线索, 也就是说发现的并不是社会性注意效应^[121]。最近的两项研究发现自闭症患者不能整合眼睛注视、头部朝向和身体朝向这三类社会线索整体表达出的社会性注意信息^[122], 也不能在复杂的环境中通过观察社会性线索更快地探测到社会性靶子^[123]。另外 Greene 等^[79]也指出, 虽然高功能自闭症儿童和青少年在行为表现上与同龄人没有差别, 但是他们被社会线索和非社会线索激活的脑区模式却不同。对于正常被试而言, 由社会性线索诱发的注意定向会更多地激活额顶区注意网络、视觉加工区域和纹状体, 而社会性线索在诱发自闭症被试的注意定向时相比于非社会线索只在顶上小叶有更多的激活。表明社会性线索对于正常被试和自闭症被试的意义不同, 自闭症被试在行为表现上的正常很有可能只是一种神经活动的补偿机制。

6 总结与展望

综上所述, 眼睛注视、头部朝向和生物运动行走方向作为社会性线索均能诱发反射性注意定向效应。一个重要的问题是眼睛注视、头部朝向和生物运动行走方向所诱发的社会性注意是否由共同的机制驱动。有研究者认为存在一个特异性的先天模块专门用于检测他人眼睛注视的方向(眼睛方向探测器)^[3]。另有研究者认为眼睛方向探测器只是对社会性注意方向敏感的系统中的一个组成部分而已^[39, 124]。他们提出了一个更一般性的注意方向探测器, 用来将各种不同种类的社会性线索相整合。然而最近的一项研究利用视觉适应范式指出头部朝向线索和身体朝向线索之间不存在跨类别的适应现象, 表明对头部朝向和身体朝向的知觉表征并不涉及相同的神经机制^[1]。不过该研究只关注了头部和身体朝向的知觉表征, 并没有考察两者诱发的注意效应之间的关系, 从而不同社会线索诱发的注意效应的关联性尚不清楚。今后对几类社会线索诱发注意效应的共同认知神经机制的研究, 可以提供“社会性注意探测器”(social attention detector)存在的证据, 从而为我们在更广泛的层面上理解社会性注意提供独特的视角。

另一方面, 社会性注意尤其是眼睛注视诱发的

注意与非社会性线索如箭头诱发的注意相比, 是否存在特异性也有着很大的争议。综合现有研究结果来看, 眼睛注视诱发的注意效应和箭头诱发的注意效应最本质的区别很有可能在于两者的形成过程不同。箭头能够产生自动化的注意转移可能是有一个在日常生活中强化学习的过程(如路标), 即对环境中箭头方向和目标位置的联结关系长期学习的结果。而眼睛注视诱发的注意定向效应很有可能是在长期进化过程中保存下来的生物本能, 由先天基因决定的模块所调制(如眼睛方向探测器)^[3]。然而迄今为止, 还未有实质性的证据来支持以上关于眼睛注视诱发的注意效应和箭头诱发的注意效应不同起源的假设。今后对社会性注意的起源和机制进行探究, 能够为人类大脑中是否存在一个专门的特异于非社会性注意的“社会性注意探测器”提供证据, 同时也为社会性注意在自闭症的早期诊断与干预中的应用提供实验依据, 具有重要的理论意义和社会应用价值。

参 考 文 献

- [1] Lawson R P, Calder A J. The "where" of social attention: Head and body direction aftereffects arise from representations specific to cue type and not direction alone. *Cogn Neurosci*, 2016, **7**(1-4): 103-113
- [2] Nummenmaa L, Calder A J. Neural mechanisms of social attention. *Trends Cogn Sci*, 2009, **13**(3): 135-143
- [3] Baron-Cohen S. The eye direction detector (EDD) and the shared attention mechanism (SAM): Two cases for evolutionary psychology [M]//DUNHAM C M P J. Joint attention: Its origins and role in development. Hillsdale, NJ, US: Lawrence Erlbaum Associates, Inc. 1995: 41-59
- [4] Nuku P, Bekkering H. Joint attention: inferring what others perceive (and don't perceive). *Conscious Cogn*, 2008, **17**(1): 339-349
- [5] Kingstone A. Taking a real look at social attention. *Curr Opin Neurobiol*, 2009, **19**(1): 52-56
- [6] Farroni T, Massaccesi S, Pividori D, *et al.* Gaze following in newborns. *Infancy*, 2004, **5**(1): 39-60
- [7] Hood B M, Willen J D, Driver J. Adult's eyes trigger shifts of visual attention in human infants. *Psychol Sci*, 1998, **9**(2): 131-134
- [8] Moore C, Angelopoulos M, Bennett P. The role of movement in the development of joint visual attention. *Infant Behav Dev*, 1997, **20**(1): 83-92
- [9] Gayzur N D, Langley L K, Kelland C, *et al.* Reflexive orienting in response to short- and long-duration gaze cues in young, young-old, and old-old adults. *Atten Percept Psychophys*, 2014, **76**(2): 407-419
- [10] Slessor G, Venturini C, Bonny E J, *et al.* Specificity of age-related differences in eye-gaze following: evidence from social and nonsocial stimuli. *J Gerontol B Psychol Sci Soc Sci*, 2016, **71**(1): 11-22

- [11] Posner M I. Orienting of attention. *Q J Exp Psychol*, 1980, **32**(1): 3-25
- [12] Driver Iv J, Davis G, Ricciardelli P, *et al.* Gaze perception triggers reflexive visuospatial orienting. *Vis Cogn*, 1999, **6**(5): 509-540
- [13] Friesen C K, Kingstone A. The eyes have it! Reflexive orienting is triggered by nonpredictive gaze. *Psychon Bull Rev*, 1998, **5**(3): 490-495
- [14] Friesen C K, Ristic J, Kingstone A. Attentional effects of counterpredictive gaze and arrow cues. *J Exp Psychol Hum Percept Perform*, 2004, **30**(2): 319-329
- [15] Frischen A, Bayliss A P, Tipper S P. Gaze cueing of attention: visual attention, social cognition, and individual differences. *Psychol Bull*, 2007, **133**(4): 694-724
- [16] Langton S R H, Bruce V. Reflexive visual orienting in response to the social attention of others. *Vis Cogn*, 1999, **6**(5): 541-567
- [17] Tipples J. Orienting to counterpredictive gaze and arrow cues. *P&P*, 2008, **70**(1): 77-87
- [18] Friesen C K, Kingstone A. Abrupt onsets and gaze direction cues trigger independent reflexive attentional effects. *Cognition*, 2003, **87**(1): B1-B10
- [19] Sato W, Kochiyama T, Uono S, *et al.* Neural mechanisms underlying conscious and unconscious attentional shifts triggered by eye gaze. *Neuroimage*, 2016, **124**(Pt A): 118-126
- [20] Sato W, Okada T, Toichi M. Attentional shift by gaze is triggered without awareness. *Exp Brain Res*, 2007, **183**(1): 87-94
- [21] Xu S, Zhang S, Geng H. Gaze-induced joint attention persists under high perceptual load and does not depend on awareness. *Vision Res*, 2011, **51**(18): 2048-2056
- [22] Sun Z, Yu W, Zhou J, *et al.* Perceiving crowd attention: Gaze following in human crowds with conflicting cues. *Atten Percept Psychophys*, 2017, **79**(4): 1039-1049
- [23] Carraro L, Dalmaso M, Castelli L, *et al.* The politics of attention contextualized: gaze but not arrow cuing of attention is moderated by political temperament. *Cogn Process*, 2015, **16**(3): 309-314
- [24] Dalmaso M, Galfano G, Coricelli C, *et al.* Temporal dynamics underlying the modulation of social status on social attention. *PLoS One*, 2014, **9**(3): e93139
- [25] Dalmaso M, Edwards S G, Bayliss A P. Re-encountering individuals who previously engaged in joint gaze modulates subsequent gaze cueing. *J Exp Psychol Learn Mem Cogn*, 2016, **42**(2): 271-284
- [26] Deaner R O, Platt M L. Reflexive social attention in monkeys and humans. *Curr Biol*, 2003, **13**(18): 1609-1613
- [27] Tomasello M, Hare B, Agnetta B. Chimpanzees, Pan troglodytes, follow gaze direction geometrically. *Anim Behav*, 1999, **58**(4): 769-777
- [28] Rosati A G, Arre A M, Platt M L, *et al.* Rhesus monkeys show human-like changes in gaze following across the lifespan. *Proc Biol Sci*, 2016, **283**(1830): 20160376
- [29] Simpson E A, Miller G M, Ferrari P F, *et al.* Neonatal imitation and early social experience predict gaze following abilities in infant monkeys. *Sci Rep*, 2016, **6**: 20233
- [30] Langton S R H. The mutual influence of gaze and head orientation in the analysis of social attention direction. *Q J Exp Psychol A*, 2000, **53**(3): 825-845
- [31] Langton S R H, Bruce V. You must see the point: automatic processing of cues to the direction of social attention. *J Exp Psychol Hum Percept Perform*, 2000, **26**(2): 747-757
- [32] Moors P, Germeyns F, Pomianowska I, *et al.* Perceiving where another person is looking: the integration of head and body information in estimating another person's gaze. *Front Psychol*, 2015, **6**: 909
- [33] Moors P, Verfaillie K, Daems T, *et al.* The effect of head orientation on perceived gaze direction: revisiting gibson and pick (1963) and cline (1967). *Front Psychol*, 2016, **7**: 1191
- [34] Hietanen J K. Does your gaze direction and head orientation shift my visual attention? *Neuroreport*, 1999, **10**(16): 3443-3447
- [35] Hietanen J K. Social attention orienting integrates visual information from head and body orientation. *Psychol Res*, 2002, **66**(3): 174-179
- [36] Lu S, Liu Y, Fu X. The Social Attention Shifts Triggered by Supraliminal and Subliminal Gaze-Head Direction Cues [M]/LEI J, WANG F L, DENG H, *et al.* Communications in Computer and Information Science. Berlin, Heidelberg: Springer. 2012: 57-64
- [37] Cooney S M, Brady N, Ryan K. Spatial orienting of attention to social cues is modulated by cue type and gender of viewer. *Exp Brain Res*, 2017, **235**(5): 1481-1490
- [38] Marciniak K, Dicke P W, Thier P. Monkeys head-gaze following is fast, precise and not fully suppressible. *Proc Biol Sci*, 2015, **282**(1816): 20151020
- [39] Perrett D I, Hietanen J K, Oram M W, *et al.* Organization and functions of cells responsive to faces in the temporal cortex [and discussion]. *Philos Trans R Soc Lond [Biol]*, 1992, **335**(1273): 23-30
- [40] Birmingham E, Kingstone A. Human social attention: A new look at past, present, and future investigations. *Ann N Y Acad Sci*, 2009, **1156**(1): 118-140
- [41] Klein J T, Shepherd S V, Platt M L. Social attention and the brain. *Curr Biol*, 2009, **19**(20): 958-962
- [42] Langton S R H, Watt R J, Bruce V. Do the eyes have it? Cues to the direction of social attention. *Trends Cogn Sci*, 2000, **4**(2): 50-59
- [43] Johansson G. Visual perception of biological motion and a model for its analysis. *P&P*, 1973, **14**(2): 201-211
- [44] Simion F, Di Giorgio E, Leo I, *et al.* The processing of social stimuli in early infancy: from faces to biological motion perception. *Prog Brain Res*, 2011, **189**: 173-193
- [45] Simion F, Regolin L, Bulf H. A predisposition for biological motion in the newborn baby. *Proc Natl Acad Sci USA*, 2008, **105**(2): 809-813
- [46] Kuhlmeier V A, Troje N F, Lee V. Young infants detect the direction of biological motion in point-light displays. *Infancy*, 2010, **15**(1): 83-93
- [47] Vallortigara G, Regolin L. Gravity bias in the interpretation of biological motion by inexperienced chicks. *Curr Biol*, 2006, **16**(8): R279
- [48] Shi J, Weng X, He S, *et al.* Biological motion cues trigger reflexive attentional orienting. *Cognition*, 2010, **117**(3): 348-354
- [49] Bardi L, Di Giorgio E, Lunghi M, *et al.* Walking direction triggers visuo-spatial orienting in 6-month-old infants and adults: An eye tracking study. *Cognition*, 2015, **141**: 112-120
- [50] Hirai M, Saunders D R, Troje N F. Allocation of attention to

- biological motion: local motion dominates global shape. *J Vis*, 2011, **11**(3): 1-11
- [51] Wang L, Yang X, Shi J, *et al.* The feet have it: local biological motion cues trigger reflexive attentional orienting in the brain. *Neuroimage*, 2014, **84**: 217-224
- [52] Wang L, Jiang Y. Life motion signals lengthen perceived temporal duration. *Proc Natl Acad Sci USA*, 2012, **109**(11): E673-677
- [53] Wang L, Zhang K, He S, *et al.* Searching for life motion signals. Visual search asymmetry in local but not global biological-motion processing. *Psychol Sci*, 2010, **21**(8): 1083-1089
- [54] Zhao J, Wang L, Wang Y, *et al.* Developmental tuning of reflexive attentional effect to biological motion cues. *Sci Rep*, 2014, **4**: 5558
- [55] Müller H J, Rabbitt P M. Reflexive and voluntary orienting of visual attention: Time course of activation and resistance to interruption. *J Exp Psychol Hum Percept Perform*, 1989, **15**(2): 315-330
- [56] Posner M I, Cohen Y. Components of visual orienting//Bouma H, Bowhuis D. *Attention and Performance X: Control of Language Processes*. Hillsdale, NJ: Erlbaum, 1984: 531-556
- [57] Frischen A, Tipper S P. Orienting attention *via* observed gaze shift evokes longer term inhibitory effects: implications for social interactions, attention, and memory. *J Exp Psychol Gen*, 2004, **133**(4): 516-533
- [58] Vecera S P, Rizzo M. What are you looking at? Impaired 'social attention' following frontal-lobe damage. *Neuropsychologia*, 2004, **42**(12): 1657-1665
- [59] Vecera S P, Rizzo M. Eye gaze does not produce reflexive shifts of attention: evidence from frontal-lobe damage. *Neuropsychologia*, 2006, **44**(1): 150-159
- [60] Bayliss A P, Pellegrino G D, Tipper S P. Sex differences in eye gaze and symbolic cueing of attention. *Q J Exp Psychol A*, 2005, **58**(4): 631-650
- [61] Hayward D A. *Is social attention unique [D]*. Montréal, Quebec, Canada: McGill University, 2015
- [62] Klein R, Shore D. *Relations Among Modes of Visual Orienting*. Cambridge: MIT Press, 2000
- [63] Kingstone A, Friesen C K, Gazzaniga M S. Reflexive joint attention depends on lateralized cortical connections. *Psychol Sci*, 2000, **11**(2): 159-166
- [64] Jonides J. Voluntary versus automatic control over the mind's eye's movements//LONG J B, BADDELEY A D. *Attention and Performance IX*. Hillsdale, NJ, US: Lawrence Erlbaum Associates, Inc. 1981: 187-203
- [65] Engell A D, Nummenmaa L, Oosterhof N N, *et al.* Differential activation of frontoparietal attention networks by social and symbolic spatial cues. *Soc Cogn Affect Neurosci*, 2010, **5**(4): 432-440
- [66] Hietanen J K, Nummenmaa L, Nyman M J, *et al.* Automatic attention orienting by social and symbolic cues activates different neural networks: an fMRI study. *Neuroimage*, 2006, **33**(1): 406-413
- [67] Hommel B, Pratt J, Colzato L, *et al.* Symbolic control of visual attention. *Psychol Sci*, 2001, **12**(5): 360-365
- [68] Ristic J, Friesen C K, Kingstone A. Are eyes special It depends on how you look at it. *Psychon Bull Rev*, 2002, **9**(3): 507-513
- [69] Tipples J. Eye gaze is not unique: Automatic orienting in response to uninformative arrows. *Psychon Bull Rev*, 2002, **9**(2): 314-318
- [70] Jakobsen K V, Frick J E, Simpson E A. Look here! the development of attentional orienting to symbolic cues. *J Cogn Dev*, 2013, **14**(2): 229-249
- [71] Ristic J, Kingstone A. Attention to arrows: pointing to a new direction. *Q J Exp Psychol (Hove)*, 2006, **59**(11): 1921-1930
- [72] Ristic J, Kingstone A. A new form of human spatial attention: Automated symbolic orienting. *Vis Cogn*, 2012, **20**(3): 244-264
- [73] Ristic J, Wright A, Kingstone A. Attentional control and reflexive orienting to gaze and arrow cues. *Psychon Bull Rev*, 2007, **14**(5): 964-969
- [74] Barry R A, Graf Estes K, Rivera S M. Domain general learning: Infants use social and non-social cues when learning object statistics. *Front Psychol*, 2015, **6**: 551
- [75] Marotta A, Lupianez J, Martella D, *et al.* Eye gaze versus arrows as spatial cues: two qualitatively different modes of attentional selection. *J Exp Psychol Hum Percept Perform*, 2012, **38**(2): 326-335
- [76] Marotta A, Casagrande M, Lupianez J. Object-based attentional effects in response to eye-gaze and arrow cues. *Acta Psychol (Amst)*, 2013, **143**(3): 317-321
- [77] Marotta A, Lupianez J, Casagrande M. Investigating hemispheric lateralization of reflexive attention to gaze and arrow cues. *Brain Cogn*, 2012, **80**(3): 361-366
- [78] Okada T, Sato W, Kubota Y, *et al.* Right hemispheric dominance and interhemispheric cooperation in gaze-triggered reflexive shift of attention. *Psychiatry Clin Neurosci*, 2012, **66**(2): 97-104
- [79] Greene D J, Colich N, Iacoboni M, *et al.* Atypical neural networks for social orienting in autism spectrum disorders. *Neuroimage*, 2011, **56**(1): 354-362
- [80] Hayward D A, Ristic J. Exposing the cuing task: the case of gaze and arrow cues. *Atten Percept Psychophys*, 2015, **77**(4): 1088-1104
- [81] Birmingham E, Bischof W F, Kingstone A. Get real! Resolving the debate about equivalent social stimuli. *Vis Cogn*, 2009, **17**(6-7): 904-924
- [82] Hermens F, Walker R. The influence of social and symbolic cues on observers' gaze behaviour. *Br J Psychol*, 2016, **107**(3): 484-502
- [83] Hermens F, Bindemann M, Mike Burton A. Responding to social and symbolic extrafoveal cues: cue shape trumps biological relevance. *Psychol Res*, 2017, **81**(1): 24-42
- [84] Heimler B, Van Zoest W, Baruffaldi F, *et al.* Attentional orienting to social and nonsocial cues in early deaf adults. *J Exp Psychol Hum Percept Perform*, 2015, **41**(6): 1758-1771
- [85] Marotta A, Martella D, Maccari L, *et al.* Poor vigilance affects attentional orienting triggered by central uninformative gaze and arrow cues. *Cogn Process*, 2014, **15**(4): 503-513
- [86] Nummenmaa L, Hietanen J K. How attentional systems process conflicting cues The superiority of social over symbolic orienting revisited. *J Exp Psychol Hum Percept Perform*, 2009, **35**(6): 1738-1754
- [87] Sato W, Kochiyama T, Uono S, *et al.* Automatic attentional shifts by gaze, gestures, and symbols. *Psychologia*, 2010, **53**(1): 27-35
- [88] Galfano G, Dalmasso M, Marzoli D, *et al.* Eye gaze cannot be ignored (but neither can arrows). *Q J Exp Psychol (Hove)*, 2012,

- 65(10): 1895-1910
- [89] Kuhn G, Benson V. The influence of eye-gaze and arrow pointing distractor cues on voluntary eye movements. *P&P*, 2007, **69**(6): 966-971
- [90] Kuhn G, Kingstone A. Look away! Eyes and arrows engage oculomotor responses automatically. *Atten Percept Psychophys*, 2009, **71**(2): 314-327
- [91] Kuhn G, Tewson L, Morpurgo L, *et al.* Developmental changes in the control of saccadic eye movements in response to directional eye gaze and arrows. *Q J Exp Psychol (Hove)*, 2011, **64**(10): 1919-1929
- [92] Soto-Faraco S, Sinnett S, Alsius A, *et al.* Spatial orienting of tactile attention induced by social cues. *Psychon Bull Rev*, 2005, **12**(6): 1024-1031
- [93] Yan T, Zhao S, Uono S, *et al.* Target object moderation of attentional orienting by gazes or arrows. *Atten Percept Psychophys*, 2016, **78**(8): 2373-2382
- [94] Green J J, Gamble M L, Woldorff M G. Resolving conflicting views: Gaze and arrow cues do not trigger rapid reflexive shifts of attention. *Vis Cogn*, 2013, **21**(1): 61-71
- [95] Akiyama T, Kato M, Muramatsu T, *et al.* Gaze but not arrows: a dissociative impairment after right superior temporal gyrus damage. *Neuropsychologia*, 2006, **44**(10): 1804-1810
- [96] Akiyama T, Kato M, Muramatsu T, *et al.* Gaze-triggered orienting is reduced in chronic schizophrenia. *Psychiatry Res*, 2008, **158**(3): 287-296
- [97] Akiyama T, Kato M, Muramatsu T, *et al.* Unilateral amygdala lesions hamper attentional orienting triggered by gaze direction. *Cereb Cortex*, 2007, **17**(11): 2593-2600
- [98] Bonato M, Priftis K, Marenzi R, *et al.* Normal and impaired reflexive orienting of attention after central nonpredictive cues. *J Cogn Neurosci*, 2009, **21**(4): 745-759
- [99] Hietanen J K, Leppanen J M, Nummenmaa L, *et al.* Visuospatial attention shifts by gaze and arrow cues: an ERP study. *Brain Res*, 2008, **1215**: 123-136
- [100] Brignani D, Guzzon D, Marzi C A, *et al.* Attentional orienting induced by arrows and eye-gaze compared with an endogenous cue. *Neuropsychologia*, 2009, **47**(2): 370-381
- [101] Yamaguchi S, Tsuchiya H, Kobayashi S. Electroencephalographic activity associated with shifts of visuospatial attention. *Brain*, 1994, **117**(3): 553-562
- [102] Lockhofen D E, Gruppe H, Ruprecht C, *et al.* Hemodynamic response pattern of spatial cueing is different for social and symbolic cues. *Front Hum Neurosci*, 2014, **8**: 912
- [103] Joseph R M, Fricker Z, Keehn B. Activation of frontoparietal attention networks by non-predictive gaze and arrow cues. *Soc Cogn Affect Neurosci*, 2015, **10**(2): 294-301
- [104] Corbetta M, Patel G, Shulman G L. The reorienting system of the human brain: from environment to theory of mind. *Neuron*, 2008, **58**(3): 306-324
- [105] Kingstone A, Tipper C, Ristic J, *et al.* The eyes have it!: an fMRI investigation. *Brain Cogn*, 2004, **55**(2): 269-271
- [106] Tipper C M, Handy T C, Giesbrecht B, *et al.* Brain responses to biological relevance. *J Cogn Neurosci*, 2008, **20**(5): 879-891
- [107] Sato W, Kochiyama T, Uono S, *et al.* Commonalities in the neural mechanisms underlying automatic attentional shifts by gaze, gestures, and symbols. *Neuroimage*, 2009, **45**(3): 984-992
- [108] Uono S, Sato W, Kochiyama T. Commonalities and differences in the spatiotemporal neural dynamics associated with automatic attentional shifts induced by gaze and arrows. *Neurosci Res*, 2014, **87**: 56-65
- [109] Tipples J, Johnston P, Mayes A. Electrophysiological responses to violations of expectation from eye gaze and arrow cues. *Soc Cogn Affect Neurosci*, 2013, **8**(5): 509-514
- [110] Callejas A, Shulman G L, Corbetta M. Dorsal and ventral attention systems underlie social and symbolic cueing. *J Cogn Neurosci*, 2014, **26**(1): 63-80
- [111] Bruinisma Y, Koegel R L, Koegel L K. Joint attention and children with autism: a review of the literature. *Ment Retard Dev Disabil Res Rev*, 2004, **10**(3): 169-175
- [112] Chawarska K, Klin A, Volkmar F. Automatic attention cueing through eye movement in 2-year-old children with Autism. *Child Dev*, 2003, **74**(4): 1108-1122
- [113] Dawson G, Bernier R, Ring R H. Social attention: a possible early indicator of efficacy in autism clinical trials. *J Neurodev Disord*, 2012, **4**(1): 1-12
- [114] Maestro S, Muratori F, Cavallaro M C, *et al.* Attentional skills during the first 6 months of age in autism spectrum disorder. *J Am Acad Child Adolesc Psychiatry*, 2002, **41**(10): 1239-1245
- [115] Zwaigenbaum L, Bryson S, Rogers T, *et al.* Behavioral manifestations of autism in the first year of life. *Int J Dev Neurosci*, 2005, **23**(2-3): 143-152
- [116] Lassalle A, Itier R J. Autistic traits influence gaze-oriented attention to happy but not fearful faces. *Soc Neurosci*, 2015, **10**(1): 70-88
- [117] Kylliäinen A, Hietanen J K. Attention orienting by another's gaze direction in children with autism. *J Child Psychol Psychiatry*, 2004, **45**(3): 435-444
- [118] Senju A, Tojo Y, Dairoku H, *et al.* Reflexive orienting in response to eye gaze and an arrow in children with and without autism. *J Child Psychol Psychiatry*, 2004, **45**(3): 445-458
- [119] Swettenham J, Condie S, Campbell R, *et al.* Does the perception of moving eyes trigger reflexive visual orienting in autism? *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci*, 2003, **358**(1430): 325-334
- [120] Swettenham J, Remington A, Laing K, *et al.* Perception of pointing from biological motion point-light displays in typically developing children and children with autism spectrum disorder. *J Autism Dev Disord*, 2013, **43**(6): 1437-1446
- [121] Vlamings P H J M, Stauder J E A, Van Son I A M, *et al.* Atypical visual orienting to gaze- and arrow-cues in adults with high functioning autism. *J Autism Dev Disord*, 2005, **35**(3): 267-277
- [122] Ashwin E, Hietanen J K, Baron-Cohen S. Atypical integration of social cues for orienting to gaze direction in adults with autism. *Mol Autism*, 2015, **6**(1): 5-14
- [123] Zhao S, Uono S, Yoshimura S, *et al.* Atypical gaze cueing pattern in a complex environment in individuals with ASD. *J Autism Dev Disord*, 2017, 1-9
- [124] Perret D I, Emery N J. Understanding the intentions of others from visual signals: Neurophysiological evidence. *Curr Psychol Cogn*, 1994, **13**(5): 683-694

The Specific Cognitive and Neural Mechanisms of Social Attention^{*}

JI Hao-Yue^{1, 2)}, WANG Li^{1, 2)}**, JIANG Yi^{1, 2)}

⁽¹⁾ State Key Laboratory of Brain and Cognitive Science, CAS Center for Excellence in Brain Science and Intelligence Technology, Institute of Psychology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China;

⁽²⁾ Department of Psychology, University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Abstract Sharing attention with interactive social partners, referred to as social attention, is fundamental to our efficient social interactions and adaptive functioning, since it enables us to learn about the other person's inner state and where the important events are in the environment. In recent years, researchers have systematically investigated the specific cognitive and neural mechanisms of social attention using a combination of psychophysical paradigms (*e.g.*, adapted central cueing paradigm), neuroimaging techniques (*e.g.*, ERP, fMRI, MEG) as well as neuropsychological methods (*e.g.*, brain-damaged patients). Some studies have demonstrated that social cues (*e.g.*, eye gaze, head orientation and biological motion walking direction) can trigger reflexive attentional orienting effect, which is unique and qualitatively distinct from the attentional effect induced by nonsocial cues (*e.g.*, arrow) in terms of both behavioral responses and neural activities. However, other studies have found that social and nonsocial attention share common neural substrates, and there is still controversy concerning the specificity of social attention. Combined with previous evidence, the major distinction between social and nonsocial attention is plausible that social attention might be mediated by an innate and genetically determined module, while nonsocial attention may occur as a result of long-term experience (overlearning). Future research, exploring the genetic origins of social and nonsocial attention, may help to provide evidence for the existence of "social attention detector" and highlight the role of social attention in the early diagnosis and clinical intervention of autism.

Key words social attention, eye gaze, biological motion, arrow, autism

DOI: 10.16476/j.pibb.2017.0176

* This work was supported by grants from The National Natural Science Foundation of China (31525011, 31671137), the Key Research Program of Frontier Sciences of the Chinese Academy of Sciences (QYZDB-SSW-SMC030), and the Youth Innovation Promotion Association of the Chinese Academy of Sciences (2014073).

**Corresponding author.

Tel: 86-10-64871238, E-mail: wangli@psych.ac.cn

Received: August 31, 2017 Accepted: September 25, 2017