

线索类型对阈下注视线索效应的影响*

陈艾睿¹ 董波² 方颖¹ 于长宇¹ 张明³

(¹ 东北师范大学心理学院, 长春 130024) (² 中国科学院心理研究所, 北京 100101)

(³ 苏州大学教育学院心理学系, 苏州 215123)

摘要 实验结合连续闪烁抑制范式和线索化范式, 通过操纵直视面孔和斜视面孔的呈现方式, 考察了动静线索类型对注视线索效应的影响。结果表明: 两种线索在阈上条件都能产生注视线索效应, 且动态线索诱发的效应更大; 无意识条件下有且仅有动态注视线索能诱发注视线索效应。这说明眼睛运动是产生阈下注视线索效应的必要条件; 眼睛运动会增强阈上注视线索效应, 静态注视线索效应依赖于意识。研究结果支持了社会知觉与心理理论交互模型。

关键词 注视线索效应; 连续闪烁抑制范式; 线索类型

分类号 B842

1 引言

人眼的注视方向具有很强的指向性。个体会跟随他人的注视方向转移自身注意, 这种现象被称为注视追随(Gaze Following) (Moore & Dunham, 1995)。注视线索效应(gaze-cueing effect, GCE)是注视追随的量化指标之一, 是指靶刺激出现在注视方向(线索化位置)与注视相反方向(非线索化位置)时的反应时之差。大量研究已发现了阈上的注视线索可以诱发经典的注视线索效应(Driver et al., 1999; Friesen & Kingstone, 1998; Friesen, Ristic, & Kingstone, 2004; Frischen, Bayliss, & Tipper, 2007; Galfano et al., 2011; Hietanen, 1999; Langton & Bruce, 1999; Tipples, 2008), 即, 当靶子出现在注视方向时被试能够更快地对靶刺激进行反应。但是, 阈下¹的注视线索能否诱发注视线索效应仍旧是争论的焦点(Al-Janabi & Finkbeiner, 2012, 2014; Lu, Liu, & Fu, 2012; Shepherd, 2010; Teufel, Fletcher, & Davis, 2010; Xu, Zhang, & Geng, 2011)。

一方面, 采用后掩蔽范式的一些研究表明注视线索效应依赖于意识(Al-Janabi & Finkbeiner, 2012, 2014; Lu et al., 2012)。Teufel 等(2010)提出了社会知觉与心理理论交互模型, 认为注视线索效应的发生需要先抽取出自上而下的注视方向后再转移注意, 且此过程受到自上而下心理理论的调控。注视追随不仅依赖于意识, 并且会受到自上而下因素的影响(Frischen et al., 2007; Jones et al., 2010; Shepherd, Klein, Deaner, & Platt, 2009; Teufel, Alexis, Clayton, & Davis, 2010)。脑成像研究表明, 颞上沟负责表征注视方向(Calder et al., 2007; Ethofer, Gschwind, & Vuilleumier, 2011; Redcay, Kleiner, & Saxe, 2012), 而 Jiang 和 He (2006)发现在连续闪烁抑制范式中中性面孔并不能激活这一区域。另一方面, 也有研究支持无意识条件下, 个体可以通过皮层下通路对注视线索进行加工进而产生注视线索效应(Shepherd, 2010; Xu et al., 2011)。Shepherd (2010)提出的注视线索加工的双通路模型认为注视线索加工存在两条通路: 一条是早期视觉

收稿日期: 2013-12-02

* 国家自然科学基金(31371025)资助。

通讯作者: 张明, E-mail: psyzm@suda.edu.cn

陈艾睿和董波同为第一作者

¹阈下是指呈现的刺激为阈下刺激的实验条件, 即, 刺激驱动的、自下而上的信息被削弱, 即使个体集中注意也不能觉察到(Dehaene & Changeux, 2011)。在本文中阈下条件对应的是无意识的加工过程, 而阈上条件对应的是意识加工过程。

区到颞上沟、顶内沟的皮质通路;另一条是包括杏仁核(Akiyama et al., 2007)、上丘、丘脑枕在内的皮下通路。无意识条件下虽然个体提取不出注视方向,但是能通过皮下通路对注视线索进行一定程度的加工进而诱发注视线索效应。

值得注意的是,成功发现阈下注视线索效应的研究可能存在阈下运动的干扰(Xu et al., 2011)。此类研究采用连续闪烁抑制范式(continuous flash suppression, 简称 CFS),在呈现注视线索前先呈现直视面孔,直视面孔和注视线索面孔除注视方向不同外其余特征均相同,这样连续呈现时就有了“眼睛运动”的效果。更重要的是,运动信息能在无意识条件下得到一定程度的加工(Blake, Tadin, Sobel, Raissian, & Chong, 2006; Lin & He, 2009),并且水平运动可以诱发空间注意(Wang, Yang, Shi, & Jiang, 2014)。那么究竟是眼睛运动诱发了阈下动态注视线索效应,还是由于注视线索本身的指向性呢?

本实验结合连续闪烁抑制范式和线索化范式,通过比较动静两种线索条件下的注视线索效应量来考察线索类型对注视线索效应的影响。注视线索包括动态注视线索(包含直视和斜视两张面孔图片)和静态注视线索(只呈现斜视面孔图片)两种类型。实验考察这两类注视线索对外周靶刺激的定位任务是否有同样的促进作用。通过在优势眼中呈现连续、动态的蒙得里安噪音图片使得注视线索始终处于无意识状态²,同时在非优势眼中呈现注视线索。事后对注视方向进行迫选判断以检测阈下设置是否有效。为了进一步考察阈上动静注视线索的效应,实验还设置了阈上对照组。如果阈下组动态注视线索引发的注视线索效应量大于静态注视线索,则说明阈下动态注视线索效应产生的确包含运动的因素。如果线索类型决定了该效应的有无,则说明眼睛运动是阈下注视线索效应产生的必要条件。

2 方法

2.1 被试

20 名在校学生参加实验(男 3 名,女 17 名),年龄为 20~25 周岁($M = 22.53$, $SD = 1.78$),均为右利手。所有被试视力或矫正视力正常,无色盲或色弱。实验后给予被试相应报酬。

2.2 实验设计

阈下实验采用 2 (线索有效性) $\times$ 2 (线索类型)

被试内实验设计。线索有效性分为线索有效和线索无效两种水平,有效条件是指靶子出现在线索化方向,无效条件是指靶子出现在非线索化方向。线索类型分为动态注视线索和静态注视线索两种水平。动态条件先呈现直视面孔再呈现斜视面孔,静态条件只呈现斜视面孔。因变量为完成靶子定位任务的反应时和正确率。为确保被试在阈下任务前不曾看过注视线索图片,每名被试均先做阈下任务,再做阈上任务。

2.2.1 实验仪器与材料

实验程序采用 Matlab 和 Psychophysics Toolbox-3 编写(Brainard, 1997; Pelli, 1997; Pelli & Zhang, 1991),在 Dell Optiplex755 计算机上运行,显示器为 21 英寸 Iiyama MA203DT Vision Master Pro 513,分辨率为 1024 $\times$ 768,刷新频率为 100 Hz,用 IBM 键盘进行反应。利用平面立体镜把电脑屏幕两侧图像分别反射到被试的左眼和右眼。

屏幕背景为灰色(RGB: 128,128,128),中央注视点为黑色“+” (0.5 $^{\circ}$ $\times$ 0.5 $^{\circ}$),注视点周围呈现黑色方框(7 $^{\circ}$ $\times$ 7 $^{\circ}$),靶子为白色星号“*” (2 $^{\circ}$ $\times$ 2 $^{\circ}$),注视线索为面孔(6 $^{\circ}$ $\times$ 6 $^{\circ}$)。FaceGen3.4 软件合成一个男性面孔和一个女性面孔,每个面孔分别有向左、直视、向右三个方向,共 6 张面孔图片,呈现的面孔区域是从前额到鼻子,用 RMS 软件调整 6 张图片的 RMS Contrast 值为 6.58。

2.2.2 实验流程

实验在暗室内进行,被试端坐在屏幕前方,距离屏幕 60 cm,头放在下颞托上。被试依次完成四个实验任务:优势眼测量任务、阈下定位任务、阈下迫选任务以及阈上定位任务。

优势眼测量任务:在被试的一只眼睛中呈现频率为 10 Hz 闪烁变化的动态蒙特里安图片(掩蔽图片)400 ms,同时在另一只眼睛中呈现面孔图片 400 ms,掩蔽图片和面孔图片随机呈现在左右眼。动态条件是先呈现 100 ms 直视面孔再呈现 300 ms 斜视面孔;静态条件呈现斜视面孔 400 ms。要求被试判断注视方向是向左的还是向右的,正确率为 50%左右的眼睛为非优势眼,正确率明显高于 50%的为优势眼。

阈下定位任务:(如图 1 所示)动态条件的流程:首先,同时在优势眼和非优势眼呈现中央注视点及方框,呈现时间在 800~1200 ms 之间随机选取。随

²无意识状态有很多种,本文中特指阈下知觉,即阈下任务中个体不能觉察注视线索出现,也不能辨别其方向。

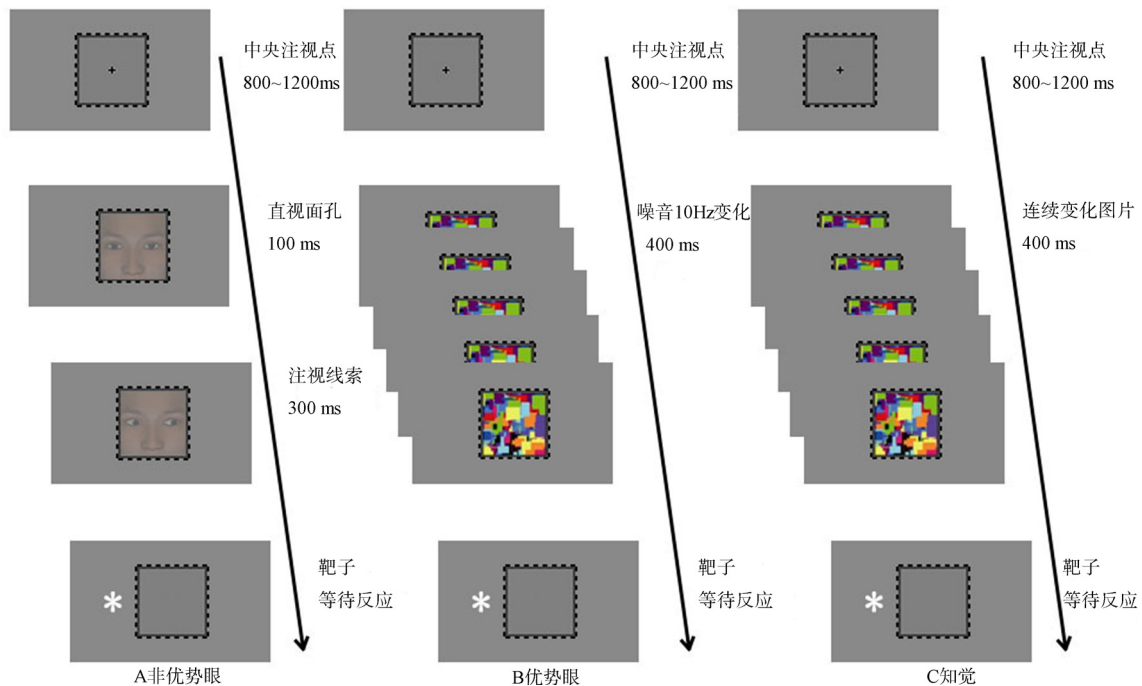


图1 实验流程

注: A 为非优势眼中呈现的刺激; B 为优势眼中呈现的刺激; C 为被试知觉到的刺激。

后在非优势眼中呈现直视的面孔图片 100 ms, 紧接着呈现向左或向右注视的面孔图片 300 ms。与此同时, 优势眼中一直呈现 10 Hz 变化的掩蔽图片。面孔图片和掩蔽图片消失, 白色“*”靶子随机出现在方框的左侧或右侧, 并且同时出现在被试的两眼中。被试的任务是判断靶子的位置: 用右手的食指按“←”表明靶刺激在方框左侧, 中指按“→”键表明在右侧, 按键后进入下一试次, 若 1500 ms 内未按键则自动进入下一试次。要求被试尽量快速并且准确地按键反应。静态条件在非优势眼中仅呈现斜视面孔 400 ms, 其余程序与动态条件相同。

阈下迫选任务: 包括面孔有无迫选任务和注视方向迫选任务。与阈下定位任务不同的是, 迫选任务中都不呈现靶子。为确保面孔材料是阈下的, 另招募 18 名被试($M = 22$ 周岁, $SD = 1.88$)参加了面孔有无迫选任务。在此任务中, 非优势眼呈现 400 ms 面孔图片或空屏(出现概率: 动态面孔 25%, 静态面孔 25%, 空屏 50%), 与此同时优势眼中呈现 10 Hz 变化的掩蔽图片。两眼图片消失后, 被试凭直觉判断是否出现了面孔图片。若感觉到面孔出现, 则用右手的食指按“←”, 未感觉到面孔出现则用中指按“→”, 按键后进入下一试次, 若 1500 ms 内未按键则自动进入下一试次。在 CFS 范式中, 被试可能不需要加工整个面孔刺激也会产生注视线索效应。比

如, 被试可能会基于低水平的视觉线索检测出方向性信息(Xu et al., 2011)。基于此, 还设置了注视方向迫选任务。在注视方向迫选任务中, 呈现向左或向右的注视方向图片(出现概率: 向左动态 25%, 向左静态 25%, 向右动态 25%, 向右静态 25%), 要求被试凭直觉判断注视方向, 若感觉到向左的方向, 则用右手的食指按“←”, 若感觉到向右的方向, 则用中指按“→”。按键后进入下一试次, 若 1500 ms 内未按键则自动进入下一试次。每个迫选任务结束后都要求被试口头报告“是否看到了除色块之外的任何刺激”。

阈上定位任务: 与阈下定位任务不同的是优势眼中不再呈现蒙特利安噪音图片, 而是呈现同样的面孔图片, 此时两眼的內容完全相同, 面孔是可见的。其余程序均与阈下定位任务相同。

优势眼测量任务有 64 个试次, 其中动态条件有 32 个试次, 静态条件有 32 个试次, 随机出现。阈下定位任务、阈下面孔迫选任务、方向迫选任务以及阈上定位任务中均有 256 个试次, 分为 4 个区组(两个动态条件, 两个静态条件)。每两个区组间休息一次。动静条件的先后顺序为 AABB 和 BBAA 两种, 在被试间平衡。

3 结果

对靶子定位任务正确率进行分析, 剔除一名正

准确率(87.11%)处于 3 个标准差($M = 97.97\%$, $SD = 2.89\%$)之外的被试数据,其余 19 名被试的正确率介于 94.70%~100% ($M = 98.55\%$, $SD = 1.40\%$)。

3.1 阈下定位任务分析

表 1 显示了各条件下正确反应的平均反应时和正确率。

对反应时进行 2×2 的重复测量方差分析,结果发现:线索有效性主效应显著, $F(1,18) = 7.20$, $p = 0.015$, $\eta^2 = 0.29$,有效条件的反应($M = 526.33$ ms, $SD = 38.31$)显著快于无效条件($M = 535.56$ ms, $SD = 45.24$);线索类型主效应不显著, $F(1,18) = 0.075$, $p = 0.79$, $\eta^2 = 0.004$,动态条件的反应时($M = 530.15$ ms, $SD = 43.66$)与静态条件的反应时($M = 531.75$ ms, $SD = 42.70$)差异不显著;线索有效性与线索类型交互作用显著, $F(1,18) = 4.93$, $p = 0.039$, $\eta^2 = 0.22$ 。对线索有效性和线索类型的交互作用进行简单效应分析,结果表明(如图 2 所示):动态条件线索有效条件的反应($M = 523.21$ ms, $SD = 40.43$)显著快于无效条件($M = 537.07$ ms, $SD = 48.56$), $F(1,18) = 10.16$, $p = 0.005$,此时的效应量为 13.86 ms;而静态条件有效条件的反应时($M = 529.44$ ms, $SD = 40.23$)和无效条件的反应时($M = 534.05$ ms, $SD = 46.42$)差异不显著, $F(1,18) = 1.58$, $p = 0.23$ 。这个结果表明,动态条件存在注视线索效应,静态条件不存在注视线索效应。

3.2 阈下迫选任务分析

口头报告显示所有被试在阈下条件下均没有发现除掩蔽图片之外的刺激图片。

为了确定阈下条件下被试的确看不到面孔,对阈下面孔有无迫选任务的辨别力 d' 进行统计分析。以面孔出现为信号,以空屏为噪音。击中率为面孔出现时,被试判断为面孔的概率。虚报率为空屏出现时,被试判断为面孔的概率。将二者分别转化为 Z 分数,然后根据信号检测论公式($d' = Z_{\text{击中}} - Z_{\text{虚报}}$)计算每名被试的辨别力水平(详见表 2)。结果表明被试对面孔的辨别力水平与 0 无显著差异($d' = 0.042$, $t(17) = 0.45$, $p = 0.66$)。进一步对动、静条件

下辨别力进行分析,同样未发现辨别力水平与 0 有显著差异(动态条件: $d' = 0.062$, $t(17) = 0.54$, $p = 0.60$;静态条件: $d' = 0.066$, $t(17) = 0.48$, $p = 0.64$)。此结果说明实验中的面孔图片是阈下刺激。

对阈下注视方向迫选任务的辨别力 d' 进行统计分析。以向左斜视线索为信号,向右斜视线索为噪音。击中率为注视线索向左时,被试判断为向左的概率。虚报率为注视线索向右时,被试判断为向左的概率。将二者分别转化为 Z 分数,然后根据信号检测论公式($d' = Z_{\text{击中}} - Z_{\text{虚报}}$)计算每名被试的辨别力水平(详见表 3)。结果表明被试的辨别力水平与 0 无显著差异($d' = -0.033$, $t(18) = -0.84$, $p = 0.41$)。进一步对动、静条件下辨别力进行分析,同样未发现辨别力水平与 0 有显著差异(动态条件: $d' = -0.083$, $t(18) = -1.59$, $p = 0.13$;静态条件: $d' = 0.0079$, $t(18) = 0.18$, $p = 0.86$)。

3.3 阈上定位任务分析

为了考察线索类型对阈上 GCE 的影响,对阈上对照组的任务进行分析。表 4 显示了各条件下被试的平均反应时和正确率。

对反应时进行 2×2 的重复测量方差分析:线索有效性主效应显著, $F(1,18) = 47.01$, $p < 0.001$, $\eta^2 = 0.723$,有效条件的反应($M = 515.04$ ms, $SD = 37.93$)显著快于无效条件($M = 543.49$ ms, $SD = 41.66$);线索类型主效应不显著, $F(1,18) = 0.21$, $p = 0.65$, $\eta^2 = 0.012$,动态条件的反应时($M = 530.73$ ms, $SD = 40.60$)与静态条件($M = 527.80$ ms, $SD = 41.78$)差异不显著;重要的是,线索有效性与线索类型交互作用显著, $F(1,18) = 7.58$, $p = 0.013$, $\eta^2 = 0.30$ 。对线索有效性和线索类型的交互作用进行简单效应分析(如图 3 所示)发现:动态线索有效条件的反应($M = 512.49$ ms, $SD = 40.22$)显著快于无效条件($M = 548.96$ ms, $SD = 45.02$), $F(1,18) = 36.25$, $p < 0.001$;静态线索有效条件的反应($M = 517.58$ ms, $SD = 40.97$)显著快于无效条件($M = 538.01$ ms, $SD = 44.19$), $F(1,18) = 28.35$, $p < 0.001$ 。即两种条件下都存在显著的注视线索效应。

表 1 阈下条件正确反应的平均反应时(ms)和正确率(%)

阈下条件	线索有效		线索无效		GCE
	反应时	正确率	反应时	正确率	
动态	523.21 (40.43)	98.85 (1.79)	537.07 (48.56)	98.93 (1.38)	13.86 **
静态	529.44 (40.23)	98.36 (3.55)	534.05 (46.42)	98.60 (1.94)	4.61

注:括号内的数据为标准差; * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$

表 2 阈下面孔有无迫选任务的平均击中率、虚报率和 d'

阈下条件	击中率	虚报率	d'
动态	0.3667 (0.1998)	0.3620 (0.2099)	0.062 (0.49)
静态	0.3542 (0.2458)	0.3359 (0.2373)	0.066 (0.58)
总体	0.3605 (0.2065)	0.3489 (0.2107)	0.042 (0.39)

注: 括号内的数据为标准差

表 3 阈下注视方向迫选任务的平均击中率、虚报率和 d'

阈下条件	击中率	虚报率	d'
动态	0.5243 (0.1152)	0.4926 (0.1089)	-0.083 (0.23)
静态	0.5033 (0.1194)	0.5071 (0.1330)	0.008 (0.19)
总体	0.5138 (0.1094)	0.4999 (0.1026)	-0.033 (0.17)

注: 括号内的数据为标准差

表 4 阈上条件正确反应的平均反应时(ms)和正确率(%)

阈下条件	线索有效		线索无效		GCE
	反应时	正确率	反应时	正确率	
动态	512.49 (40.22)	98.68 (1.67)	548.96 (45.02)	96.54 (3.74)	36.47***
静态	517.58 (40.97)	98.19 (2.29)	538.01 (44.19)	98.36 (3.01)	20.43***

注: 括号内的数据为标准差; * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$

为进一步比较动态和静态条件下 GCE 效应量的大小, 对 GCE 效应量进行配对 t 检验。结果发现(如图 3 所示): 动态条件下的注视线索效应(36.47

ms)显著大于静态条件(20.43 ms), $t(18) = 2.75$, $p = 0.013$ 。

综上得出两个主要结果: 第一, 阈下(无意识)条件, 动态注视线索能够诱发注视线索效应, 但是静态注视线索不能诱发该效应; 第二, 阈上(意识)条件, 动态和静态注视线索均能诱发注视线索效应, 且动态条件的效应量大于静态条件。

4 讨论

本实验结合连续闪烁抑制范式和线索化范式, 基于双眼竞争的原理营造无意识加工环境, 从而考察阈下注视追随。通过操纵直视面孔和斜视面孔的呈现方式来考察阈下动静线索类型对注视线索效应的影响。

在阈下面孔迫选任务和阈下注视方向迫选任务中, 被试的辨别力水平与 0 均无显著差异, 保证了个体对面孔以及对注视线索的加工始终是处于无意识状态。阈下定位任务中, 线索类型对阈下注视线索效应影响显著: 只有动态注视线索能诱发注视线索效应。这两部分共同表明: 在排除了“阈下运动”干扰的情况下, 注视线索的确不能诱发注视线索效应。这也与近期使用后掩蔽范式呈现静态线索研究结果一致, 阈下条件, 静态注视线索不能引起注视追随(Al-Janabi & Finkbeiner, 2012, 2014; Lu

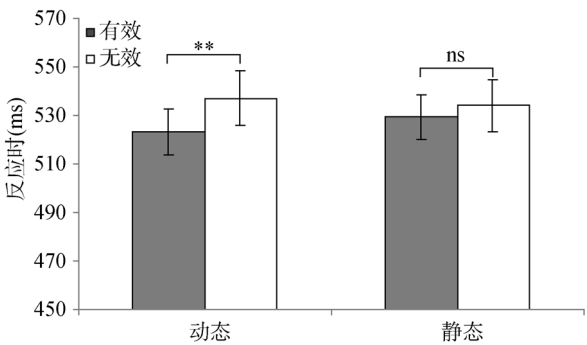


图 2 阈下各条件的反应时差异比较

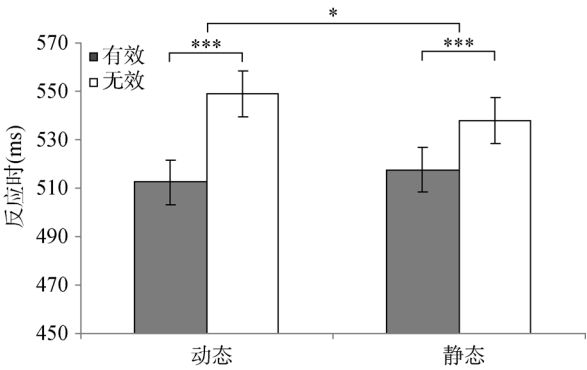


图 3 阈上各条件的反应时差异比较

et al., 2012)。并且有关注视知觉的研究也认为对注视方向相关信息的加工是一种高水平的加工, 依赖于意识(Stein, Peelen, & Sterzer, 2012)。与以往研究结果一致(Bayliss, Bartlett, Naughtin, & Kritikos, 2011; Friesen et al., 2004; Jones et al., 2010; Kawai, 2011; Law, Langton, & Logie, 2010; Nummenmaa & Calder, 2009), 阈上对照实验中无论呈现的是动态注视线索还是静态注视线索均出现了经典的注视线索效应。说明阈上条件注视追随的产生不依赖于眼睛运动。但是相比于静态线索, 动态线索可以产生更强的注视线索效应, 说明阈上运动可以增强注视追随。这也进一步佐证了眼睛运动对注视线索效应的促进作用。

本实验中的阈下静态注视线索结果支持社会知觉与心理理论交互模型(Teufel et al., 2010), 注视线索的加工不可能脱离个体的心理理论, 颞上沟以及负责注意定向的皮质区, 即产生注视追随的主要区域和负责心理理论的区域是相互影响的。注视追随是一种有意识知觉加工(conscious perception)的结果, 所以无意识条件下个体不能依据注视线索转移注意。同时, 阈下动态注视线索产生注视线索效应虽然符合了 Shepherd (2010)提出的注视线索加工的双通路模型。但需要强调的是, 双通路模型不能解释静态线索不能诱发注视线索效应的结果。所以本实验支持了社会知觉与心理理论交互模型而非双通路模型。

相比于较为纯净的静态线索, 动态注视线索存在两个值得商榷的地方: 首先, 注视线索的本质是斜视时虹膜和巩膜之间的黑白颜色及其形状的对比(Kobayashi & Kohshima, 1997)。而动态注视线索包含了注视线索之外的变量——运动。其次, 这种线索包含的额外运动被证明可以在无意识条件下得到加工(Lin & He, 2009)。本实验阈上对照组也表明运动的加入可以增强注视线索效应。所以, 动态注视线索产生注视线索效应的机制有两种可能: 1) 运动与注视方向共同作用的结果。运动信息的存在促使个体对于注视方向的无意识加工程度提高, 从而产生注视线索效应; 2) 仅运动提供的方向性信息在阈下条件下诱发了注意(Blake et al., 2006; Lin & He, 2009; Wang et al., 2014), 进而产生了一种线索化效应。总结以往研究矛盾之处也发现, 支持双通路模型的研究多采用动态线索(Xu et al., 2011), 而支持社会知觉与心理理论交互模型的则多采用静态线索(Al-Janabi & Finkbeiner, 2012, 2014; Lu et al.,

2012)。所以, 运动是阈下注视线索研究中一个需要考虑的重要因素。当然, 在注视追随中, 运动信息和静态注视线索是否彼此独立还需要进一步地研究。

简单来看, 无论动态注视线索是否体现了注视线索的本质, 实验都从线索类型的角度解释了后掩蔽研究(Al-Janabi & Finkbeiner, 2012, 2014; Lu et al., 2012)和连续闪烁抑制范式研究(Xu et al., 2011)结果的矛盾, 证明了眼睛运动是阈下注视线索效应产生的必要条件。阈上条件, 眼睛运动也可增强注视线索效应。在以后探究注视追随的研究中(尤其是阈下研究)必须考虑眼睛运动的影响。

5 结论

(1)无意识状态下, 个体基于静态线索提供的注视方向不能进行注视追随; 而动态线索提供的注视方向能够进行注视追随。眼睛运动是产生阈下注视线索效应的必要条件。

(2)意识状态下, 眼睛的运动可以增强注视追随。

参 考 文 献

- Akiyama, T., Kato, M., Muramatsu, T., Umeda, S., Saito, F., & Kashima, H. (2007). Unilateral amygdala lesions hamper attentional orienting triggered by gaze direction. *Cerebral Cortex*, 17(11), 2593–2600.
- Al-Janabi, S., & Finkbeiner, M. (2012). Effective processing of masked eye gaze requires volitional control. *Experimental Brain Research*, 216(3), 433–443.
- Al-Janabi, S., & Finkbeiner, M. (2014). Responding to the direction of the eyes: In search of the masked gaze-cueing effect. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 76(1), 148–161.
- Bayliss, A. P., Bartlett, J., Naughtin, C. K., & Kritikos, A. (2011). A direct link between gaze perception and social attention. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 37(3), 634–644.
- Blake, R., Tadin, D., Sobel, K. V., Raissian, T. A., & Chong, S. C. (2006). Strength of early visual adaptation depends on visual awareness. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 103(12), 4783–4788.
- Brainard, D. H. (1997). The psychophysics toolbox. *Spatial Vision*, 10(4), 433–436.
- Calder, A. J., Beaver, J. D., Winston, J. S., Dolan, R. J., Jenkins, R., Eger, E., & Henson, R. N. (2007). Separate coding of different gaze directions in the superior temporal sulcus and inferior parietal lobule. *Current Biology*, 17(1), 20–25.
- Dehaene, S., & Changeux, J. P. (2011). Experimental and theoretical approaches to conscious processing. *Neuron*, 70(2), 200–227.
- Driver, J., Davis, G., Ricciardelli, P., Kidd, P., Maxwell, E., & Baron-Cohen, S. (1999). Gaze perception triggers reflexive visuospatial orienting. *Visual Cognition*, 6(5), 509–540.

- Ethofer, T., Gschwind, M., & Vuilleumier, P. (2011). Processing social aspects of human gaze: A combined fMRI-DTI study. *NeuroImage*, 55(1), 411–419.
- Friesen, C. K., & Kingstone, A. (1998). The eyes have it! Reflexive orienting is triggered by nonpredictive gaze. *Psychonomic Bulletin & Review*, 5(3), 490–495.
- Friesen, C. K., Ristic, J., & Kingstone, A. (2004). Attentional effects of counterpredictive gaze and arrow cues. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 30(2), 319–329.
- Frischen, A., Bayliss, A. P., & Tipper, S. P. (2007). Gaze cueing of attention: Visual attention, social cognition, and individual differences. *Psychological Bulletin*, 133(4), 694–724.
- Galfano, G., Sarlo, M., Sassi, F., Munafò, M., Fuentes, L. J., & Umiltà, C. (2011). Reorienting of spatial attention in gaze cuing is reflected in N2pc. *Social Neuroscience*, 6(3), 257–269.
- Hietanen, J. K. (1999). Does your gaze direction and head orientation shift my visual attention? *NeuroReport*, 10(16), 3443–3447.
- Jiang, Y., & He, S. (2006). Cortical responses to invisible faces: Dissociating subsystems for facial-information processing. *Current Biology*, 16(20), 2023–2029.
- Jones, B. C., DeBruine, L. M., Main, J. C., Little, A. C., Welling, L. L., Feinberg, D. R., & Tiddeman, B. P. (2010). Facial cues of dominance modulate the short-term gaze-cueing effect in human observers. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 277(1681), 617–624.
- Kawai, N. (2011). Attentional shift by eye gaze requires joint attention: Eye gaze cues are unique to shift attention. *Japanese Psychological Research*, 53(3), 292–301.
- Kobayashi, H., & Kohshima, S. (1997). Unique morphology of the human eye. *Nature*, 387, 767–768.
- Langton, S. R., & Bruce, V. (1999). Reflexive visual orienting in response to the social attention of others. *Visual Cognition*, 6(5), 541–567.
- Law, A. S., Langton, S. R., & Logie, R. H. (2010). Assessing the impact of verbal and visuospatial working memory load on eye-gaze cueing. *Visual Cognition*, 18(10), 1420–1438.
- Lin, Z., & He, S. (2009). Seeing the invisible: The scope and limits of unconscious processing in binocular rivalry. *Progress in Neurobiology*, 87(4), 195–211.
- Lu, S., Liu, Y., & Fu, X. (2012). The social attention shifts triggered by supraliminal and subliminal gaze-head direction cues. *Communications in Computer and Information Science Series*, 315, 57–64.
- Moore, C. E., & Dunham, P. J. (1995). *Joint attention: Its origins and role in development*. Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Nummenmaa, L., & Calder, A. J. (2009). Neural mechanisms of social attention. *Trends in Cognitive Sciences*, 13(3), 135–143.
- Pelli, D. G. (1997). The VideoToolbox software for visual psychophysics: Transforming numbers into movies. *Spatial Vision*, 10(4), 437–442.
- Pelli, D. G., & Zhang, L. (1991). Accurate control of contrast on microcomputer displays. *Vision Research*, 31(7), 1337–1350.
- Redcay, E., Kleiner, M., & Saxe, R. (2012). Look at this: The neural correlates of initiating and responding to bids for joint attention. *Frontiers in Human Neuroscience*, 6, 169.
- Shepherd, S. V. (2010). Following gaze: Gaze-following behavior as a window into social cognition. *Frontiers in Integrative Neuroscience*, 4, 5.
- Shepherd, S. V., Klein, J. T., Deaner, R. O., & Platt, M. L. (2009). Mirroring of attention by neurons in macaque parietal cortex. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 106(23), 9489–9494.
- Stein, T., Peelen, M. V., & Sterzer, P. (2012). Eye gaze adaptation under interocular suppression. *Journal of Vision*, 12(7), 1–17. doi: 10.1167/12.7.1
- Teufel, C., Alexis, D. M., Clayton, N. S., & Davis, G. (2010). Mental-state attribution drives rapid, reflexive gaze following. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 72(3), 695–705.
- Teufel, C., Fletcher, P. C., & Davis, G. (2010). Seeing other minds: Attributed mental states influence perception. *Trends in Cognitive Sciences*, 14(8), 376–382.
- Tipples, J. (2008). Orienting to counterpredictive gaze and arrow cues. *Perception & Psychophysics*, 70(1), 77–87.
- Wang, L., Yang, X., Shi, J., & Jiang, Y. (2014). The feet have it: Local biological motion cues trigger reflexive attentional orienting in the brain. *NeuroImage*, 84, 217–224.
- Xu, S., Zhang, S., & Geng, H. (2011). Gaze-induced joint attention persists under high perceptual load and does not depend on awareness. *Vision Research*, 51(18), 2048–2056.

The Role of Cue Type in the Subliminal Gaze-cueing Effect

CHEN Airui¹; DONG Bo²; FANG Ying¹; YU Changyu¹; ZHANG Ming³

(¹ School of Psychology, Northeast Normal University, Changchun 130024, China)

(² Institute of Psychology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China)

(³ Department of Psychology, School of Education, Soochow University, Suzhou 215123, China)

Abstract

The fact that attention can be shifted to locations gazed by the others is called gaze following and measured by the gaze-cueing effect (GCE). Whether or not GCE could function unconsciously remains an open question. In the present study, we investigate the effect of gaze cue type (dynamic vs. static) on GCE at either the

subliminal level or the supraliminal level.

Continuous flash suppression and spatial cuing paradigm were used in the present study. A directed gaze display was followed by an averted gaze display in the dynamic condition. By contrast, only the averted gaze display appeared in the static condition. Thus, the dynamic gaze cue involved eyes' movement, while the static gaze cue did not. Participants had to conduct four tasks during the experiment. In the first task, participants were instructed to indicate the direction of the gaze cue (either dynamic or static). In each trial, the gaze cue was randomly presented to one single eye, while the masking stimulus (dynamic Mondrian pattern) was presented to the other eye. Thus, the dominant and non-dominant eye of each participant could be learned. In the following two tasks, the gaze cue was presented to the non-dominant eye, while the masking was presented to the dominant eye. In the second task, a visual target was presented on either the cued (valid trial) or the un-cued (invalid trial) location following the gaze cue display. Participants were asked to indicate the target position as accurately and quickly as possible. In the third task, participants had to (1) detect whether the gaze cue had been presented and (2) indicate the direction of the certain cue (either dynamic or static) when it appeared. The last task was the same as the second task except that the masking stimulus was removed.

The main results showed that (1) eyes' movement influenced GCE at the subliminal level. RTs were shorter in the valid trials than in the invalid trials with dynamic cues, suggesting a classical GCE. However, GCE disappeared with static cues. (2) Furthermore, GCE was enhanced when the cue was dynamic at the supraliminal level. Thus, GCE could only be found with the dynamic cue at the subliminal level, though it could be observed with both the dynamic and static cues at the supraliminal level. This suggested that eye movement plays a key role in the subliminal gaze following and attention shift could not be triggered by the static gaze cue without awareness. The present findings provided behavioral evidence for the interactive model of social perception and the theory of mind.

Key words gaze-cueing effect; continuous flash suppression; cue type