

• 研究前沿(Regular Articles) •

视觉返回抑制的认知机制*

张 阳¹ 彭春花² 孙 洋³ 张 明¹

(¹苏州大学心理学系, 苏州 215123)

(²重庆文理学院心理学系, 重庆 402160) (³清华大学心理学系, 北京 100084)

摘 要 返回抑制是指相较于出现在非线性化位置上的靶刺激而言, 个体对出现在先前线索化位置上的靶刺激有更慢反应的现象。本文在系统回顾已有研究基础上, 综述了一系列关于视觉返回抑制认知机制的理论, 这些理论按研究取向可划分为两类: 第一类理论侧重于考察返回抑制如何影响信息加工阶段, 其代表有早期的知觉抑制理论、运动反应抑制理论、双成分理论和抑制标签理论; 另一类理论则侧重于考察各种自上而下因素如何影响返回抑制, 其代表有整合-分离理论和三因素理论。

关键词 返回抑制; 知觉/反应抑制理论; 双成分理论; 抑制标签理论; 整合-分离/三因素理论

分类号 B842

1 前言

注意在复杂环境中的定向是注意研究中亟待解决的几个基本问题之一。一些研究者认为注意像“聚焦灯”一样聚焦在特定的空间位置上, 从而增强了该位置上项目的加工。Posner 和 Cohen (1984)在利用线索 - 靶子范式对这一问题进行考察时发现, 外周位置上呈现的线索刺激对随后呈现在该位置上的靶子刺激的加工不仅存在着一个早期的易化效应, 还存在着一个晚期的抑制效应(图 1) (Posner & Cohen, 1984)。当线索 - 靶子呈现的时间间隔(Stimulus onset asynchrony, SOA)小于约 250 ms 时, 先前呈现的线索刺激对靶子的加工有一个反应上的促进, 即对出现在线索化刺激位置的靶子有更快的反应; 当 SOA 大于约 300 ms 时, 这种促进效应就转变为了对靶子加工的抑制效应, 即对出现在线索化位置的靶子有更慢的反应。研究者们把这种抑制效应称为返回抑制

(Inhibition of return, IOR), 认为它有助于防止注意回到先前注意过的位置, 从而提高视觉搜索的效率, 反映了人类对复杂环境的进化适应性 (Klein, 2000; Macinnes & Klein, 2003; Wang & Klein, 2010; Wang, Zhang, & Klein, 2010。也见 Henderson & Luke, 2012; Hooge, Over, van Wezel, & Frens, 2005; Smith & Henderson, 2009, 2011a, 2011b 关于这一问题的不同观点)。

自 Posner 和 Cohen (1984)发现这种效应以来, IOR 得到研究者的高度关注。研究者们利用各种认知心理学和认知神经科学的方法对该效应展开了大量的研究, 涉及到 IOR 的时程、广度、成分、功能和神经机制等方面。这一趋势在近几年更为突出, 我们以“inhibition of return”为关键词在爱思唯尔公司的 Scopus 数据库 (Scopus, Elsevier)中搜索到了共计 594 篇文献。从图 2 可看出自 1999 年后, IOR 得到了研究者们越来越多的关注, 每年都有 40 篇左右涉及 IOR 的文章发表。著名神经心理学杂志“Cognitive neuropsychology”更是于 IOR 效应发现 20 周年之际, 为 IOR 开办了一期名为“返回抑制二十年”的专栏 (Lupiáñez, Klein, & Bartolomeo, 2006)。

IOR 的认知机制问题, 即 IOR 如何产生及发挥作用, 长期以来一直是研究者们关注的重点,

收稿日期: 2012-12-27

* 国家自然科学基金项目 (NSFC : 31300833)、高等学校博士学科点专项科研基金博导类资助课题 (20110043110012)。

通讯作者: 张明, E-mail: zhangm@nenu.edu.cn 或
张阳, E-mail: zhangyang873@gmail.com

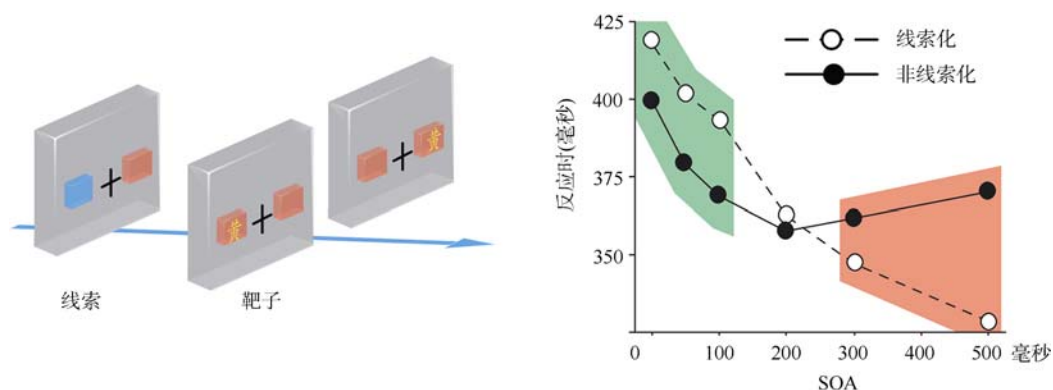


图 1 IOR 的典型实验流程及时程[引用并修改自 Klein (2000)]

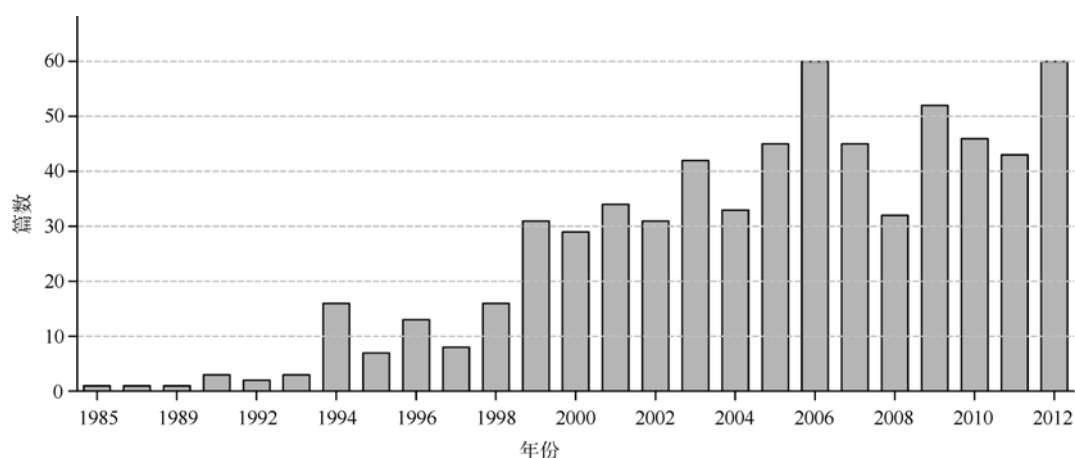


图 2 1985 年至 2012 年间发表在 Scopus 数据库收录杂志中关于 IOR 的文献

也是研究的热点之一。研究者们从不同的研究视角出发提出了众多理论, 这些理论按研究取向的不同大致可以分为两类: 第一类研究很大程度上受到认知心理学的影响, 主要从信息加工阶段的角度, 试图通过考察 IOR 对各信息加工阶段的不同影响, 来推测 IOR 效应背后的认知机制。这一类的代表有早期的知觉抑制理论(Reuter-Lorenz, Jha, & Rosenquist, 1996), 运动反应抑制理论(Taylor & Klein, 1998), 以及新近的双成分理论(Chica, Taylor, Lupiáñez, & Klein, 2010; Hunt & Kingstone, 2003; Taylor & Klein, 2000)和抑制标签理论(Fuentes, Vivas, & Humphreys, 1999; Fuentes, Vivas, Langley, Chen, & González-Salinas, 2012)。另一类研究则从各种因素如何影响 IOR 的角度入手, 对反应通道、任务难度等因素对 IOR 的调节

等问题进行探讨, 并试图通过寻找 IOR 效应出现的边界条件来推测 IOR 的认知机制。这一类研究的代表有整合-分离理论(Lupiáñez & Milliken, 1999; Lupiáñez, Milliken, Solano, Weaver, & Tipper, 2001; Milliken, Lupiáñez, Roberts, & Stevanovski, 2003)和三因素理论(Lupiáñez, 2010; Lupiáñez, Ruz, Funes, & Milliken, 2007)。本文拟对这些理论和相关研究进行简要综述, 并对将来视觉 IOR 机制的研究方向提出一些我们的观点。

2 信息加工阶段取向的理论

2.1 知觉抑制理论

Posner 和 Cohen (1984)认为 IOR 的实质在于阻碍注意回到先前注意过的位置, 从而使得注意可以更有效率地指向其它的空间位置。该理论实

际上将 IOR 当做一种注意后效, 认为 IOR 具有同注意相类似的性质和特征, 主要通过影响信息的早期知觉加工来发挥作用。随后的研究者们将这一观点称为知觉抑制理论¹。Reuter-Lorenz 等(1996)系统地操纵了受注意影响的几个变量, 如靶刺激通道, 刺激亮度等来试图对早期易化和晚期 IOR 效应的性质进行比较。结果与知觉抑制理论相吻合, 同早期的注意易化效应相对应, 这些受注意影响的因素也受到了 IOR 的影响, 尽管是以与早期易化效应相反的方式(Reuter-Lorenz, et al., 1996)。知觉抑制说的另一有力的证据则来源于以被试错误率作为作业指标的研究。因无需快速反应的设计排除了信息累积速度的影响, 错误率指标很好的衡量了信息累加的总量, 所以在检验早期知觉信息加工是否受到影响上比反应时指标具有天然的优势。Klein 和 Dick (2002)利用快速系列呈现范式(Rapid serial visual presentation, RSVP), 要求被试对靶子刺激尽可能正确的做出反应。研究结果发现同知觉抑制假说相一致, 被试对出现在线索化位置的刺激有更多的错误反应(Klein & Dick, 2002)。

知觉抑制的观点也得到了许多认知神经科学研究的支持。几项 ERP 研究发现, 线索化条件下的靶刺激相较非线索化条件的靶刺激而言诱发了更小的早期感知觉加工相关的 P1/N1 成分(Hopfinger & Mangun, 2001; McDonald, Ward, & Kiehl, 1999; Prime & Jolicoeur, 2009a)。这表明位于线索化位置刺激的早期知觉加工受到了抑制。随后的研究更发现 IOR 不只可以影响 P1/N1, 对标识语义加工的 N400(Zhang, M. & Zhang, Y., 2007)和空间注意加工有密切联系的 N2pc 也有类

似的影响(McDonald, Hickey, Green, & Whitman, 2009; Yang, Yao, Ding, Qi, & Lei, 2012)。同这些 ERP 研究相一致, Müller 和 Kleinschmidt(2007)的一项利用兴趣区域技术的 fMRI 研究发现, 刺激在视觉皮层(V1 到 V4)对应区域的激活也呈现出在线索化条件下更小的效应(Müller & Kleinschmidt, 2007)。新近一项研究也发现, IOR 降低了由 TMS 诱发的光幻视效应被觉察的概率(Smith, Ball, & Ellison, 2012)。

2.2 反应抑制理论

然而, 并非所有研究都支持早期知觉抑制的观点。Schmidt(1996)发现 IOR 并不能影响对知觉信息累积高度敏感的错觉线似动效应(Schmidt, 1996)。另外, 若 IOR 源于早期知觉加工的损失, 则其应在各种涉及知觉加工的任务中广泛性的存在。与之相反, Taylor 和 Klein (1998)总结大量先前研究后也发现, IOR 常选择性地出现在与空间信息相关的辨别任务(如定位任务等)而不是所有的辨别任务中。为解释这些发现, Taylor 和 Klein (1998)提出, IOR 不是抑制早期的知觉加工, 而是抑制晚期运动反应, 即, IOR 的出现是不愿(或更加保守的)对线索化位置的刺激做出反应的结果(Taylor & Klein, 1998)。他们指出, IOR 被表征于空间运动地图中, 起着提高反应判断标准的作用, 当随后的反应需要涉及存储在该地图中的同一表征时, 激活该表征就需要更多的信息和更高的强度。因而, 该理论认为 IOR 并不影响信息累积, 而是影响对反应执行的判断标准。该理论较好地解释了为何 IOR 未能出现在非空间信息的辨别任务中(Pratt & Abrams, 1995)。根据该理论, IOR 只有在反应涉及运动地图中被线索激活过的表征时才会出现。非空间特征信息的辨别任务, 并不需要激活运动地图或者说不需要激活先前激活过的表征, 也就不会产生 IOR 效应。反应抑制理论也较好地解释了为何 IOR 不能影响错觉线似动效应: IOR 只影响反应决策而非知觉信息的累积, 因而不会影响只依赖于知觉信息累积的错觉线似动(Schmidt, 1996)。

反应抑制理论得到了许多研究的支持。如 Ivanoff 和 Klein (2001)发现 IOR 同一些反应相关的因素存在显著的交互作用: 当被试需要将非反应手也放在键盘上时, IOR 和西蒙效应(刺激 - 反应的空间协同效应[Simon, 1969])都比只把反应手

¹一些研究者也将该理论称为 IOR 的注意理论, 但考虑到: 一方面, 该理论主要强调的是早期知觉加工在线索化位置的损失, 将之称为知觉抑制理论更为贴切; 另一方面, 注意本身就存在早期选择和晚期选择的问题, 如 Lavie 等(2005)的负载理论指出, 在高知觉负载情况下, 注意表现出早期的选择, 而在低知觉负载条件下表现出晚期选择(Lavie, 2005)。因而, 若将 IOR 的这种理论称为注意理论将不利于区分该理论强调的是早期知觉抑制还是晚期反应抑制。鉴于此, 在本文中我们采用了“知觉抑制”这一名称。

置于键盘时有更大的效应量(Klein & Ivanoff, 2011)。根据加法原则,当两个因素存在交互作用时,它们作用于同一信息加工阶段,因而该交互效应表明 IOR 也作用于反应加工阶段(Ivanoff & Klein, 2001)。同时,他们还发现被试在线索化条件下有更加保守的判断标准:当需要终止反应时,被试在线索化条件下有更低的虚报率。此外,也有 ERP 和 EEG 时频分析研究发现,一些标识反应抑制的 ERP 成分(如 Go/Nogo 作业中的 N2 成分)以及同反应抑制密切相关的定位于感觉/初级运动区域的 Beta 频段同步谐振,也在线索化条件下有更低的幅值,即 IOR 影响了反应相关的加工(Kiss, van Velzen, & Eimer, 2008; Pastötter, Hanslmayr, & Bäuml, 2008; Prime & Jolicoeur, 2009b; Tian & Yao, 2008)。另外,几项 fMRI 研究也发现 IOR 同负责眼动反应计划的脑区(如前额叶眼区, Frontal eye field, FEF)的激活有着密切的联系(Lepsien & Pollmann, 2002; Rosen et al., 1999; Zhou & Chen, 2008)。这些发现都同反应抑制理论认为的“IOR 体现了对反应相关加工的抑制”这一观点相吻合。

但反应抑制的观点也受到了越来越多研究的挑战。一方面,一些先前未发现 IOR 而作为支持反应抑制理论证据的实验条件,在新的参数下出现了 IOR 效应。例如,尽管早期研究未能在非空间信息辨别任务中观测到 IOR 效应, Lupiáñez, Milan, Tornay, Madrid 和 Tudela (1997)却发现当延长 SOA 后(大于 700ms)非空间辨别任务中也存在 IOR 效应(Lupiáñez et al., 1997)。另一方面,同反应抑制理论认为眼动准备在 IOR 的形成中起着至关重要的作用相反, Weger, Abrams, Law 和 Pratt (2008)发现,无需产生眼动准备的中央内源性线索,如箭头符号或文字信息,也能引起 IOR 效应(Weger et al., 2008)。

总的来说,尽管研究者围绕早期知觉和晚期反应抑制的争论展开了大量的研究,且这两种理论也各自得到了一些研究证据的支持,但都不能很好地解释所有研究结果。一方面,知觉抑制理论很难解释 IOR 同晚期反应加工为何存在交互作用以及为何 IOR 不能影响错觉线似动效应。另一方面,反应抑制理论也很难排除早期知觉抑制的作用。尽管大量研究表明 IOR 对晚期的反应选择有着一定的影响,但却不能排除 IOR 对早期知觉

加工也同样存在影响的可能性。

2.3 双成分理论

鉴于越来越多的研究表明,无论知觉抑制还是反应抑制,虽然都得到了部分研究结果的支持,却都不能很好地解释 IOR 效应,研究者们开始渐渐意识到, IOR 可能并不是由一个单一的机制作用于一个认知加工阶段,而是可能由多个成分构成,灵活的作用于多个认知加工阶段(Chica et al., 2010; Hunt & Kingstone, 2003; Ivanoff & Klein, 2006; Smith, Jackson, & Rorden, 2009; Taylor & Klein, 2000)。

Taylor 和 Klein (2000)根据反应抑制理论对 IOR 出现条件的预测,系统地考察了线索位置(外周或中央注视点位置)、靶子位置(外周或中央注视点位置)及反应类型(无反应,手动方位辨别,或眼动定位反应)这 3 种因素的 24 种组合条件(见图 3) (Taylor & Klein, 2000), 结果发现,虽然在反应抑制说预期会出现 IOR 的条件下(如,对中央位置的箭头线索做手动方位辨别和对外周靶子做手动定位反应条件)都发现了显著的 IOR 效应,但在一些反应抑制说预期不会出现的条件下也发现了显著的 IOR 效应。因而, Taylor 和 Klein (2000)推测,可能存在两种 IOR 机制,一种影响知觉加工,另一种影响反应运动加工。

若 IOR 由两个相互独立的成分构成,则很自然我们会预期这两个成分会在某些实验条件下相互分离。与这一推测相一致, Hunt 和 Kingstone (2003)发现了 IOR 在眼动和手动作业中的双分离。他们发现,靶刺激的亮度变化仅影响手动反应作业中的 IOR,而注视点消失效应(Fixation offset effect, FOE)仅影响眼动作业中的 IOR(Hunt & Kingstone, 2003)。由于先前研究表明 FOE 由上丘眼动系统负责,而亮度变化效应则由注意系统负责, Hunt 和 Kingstone (2003)指出 IOR 由运动相关的眼动成分和知觉相关的注意成分构成,前者主要存在于眼动反应作业中,而后者则主要存在于手动反应作业中。尽管这一发现受到随后 Souto 等(2009)的质疑,但 IOR 在眼动和手动反应作业的分离效应却得到了越来越多研究的支持。如, Y. Zhang 和 M. Zhang (2011)发现,空间工作记忆负载只能影响手动而不能影响眼动反应作业中的 IOR (Zhang, Y. & Zhang, M., 2011)。Sumner,

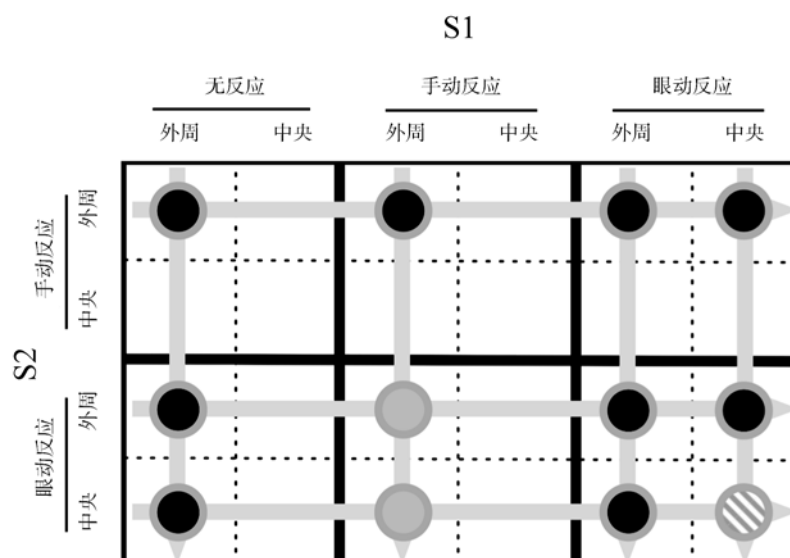


图 3 Klein 和 Taylor (1998)根据反应抑制理论, 对不同的线索 - 靶子组合条件下是否会出现 IOR 效应的预测。黑色和斜纹填充的圆表示已有研究在这些条件下观测到了 IOR 效应, 灰色圆表示反应抑制理论预测会在这些条件下出现 IOR 效应, 但还未得到实验研究的证实。[引用并修改自 Taylor 和 Klein (2000)]

Nachev, Vora, Husain 和 Kennard (2004), Sumner (2006)通过操纵外周线索的刺激特性也发现, 尽管在手动反应作业中, 不能通达网膜顶盖通道的短波锥体线索刺激和亮度线索刺激都引起了显著的 IOR 效应, 在眼动反应作业中, 却只有亮度线索化刺激能引起显著的 IOR 效应(Sumner, 2006; Sumner et al., 2004)。这种分离效应也得到神经心理学研究的支持(Bourgeois, Chica, Migliaccio, Thiebaut de Schotten, & Bartolomeo, 2012; Smith, Rorden, & Jackson, 2004)。一方面, 患有先天性眼肌麻痹症的病人虽然无法做出眼动反应, 却在手动反应任务中有着同控制组相当的 IOR 量(Smith et al., 2004); 另一方面, 尽管在单侧忽视症病人的损伤同侧视野既能观测到眼动也能观测到手动 IOR, 在损伤对侧视野却只能观测到眼动 IOR (Bourgeois et al., 2012)。

与双成分理论相一致, Mayer, Dorflinger, Rao 和 Seidenberg (2004)以及 Mayer, Seidenberg, Dorflinger 和 Rao (2004)的 fMRI 研究发现, 与外周线索引起的早期易化相比, 由外周线索引起的 IOR 虽然也激活了右侧 FEF, 但同时也激活了其它非眼动相关的皮层区域, 包括双侧颞顶联合区域, 双侧颞上回区域, 右侧颞中回、左侧顶内沟

等区域(Mayer, Seidenberg, et al., 2004)。同时, 虽然在有效线索化条件下, 与早期易化相比, 晚期抑制激活了负责眼动控制的前额叶区域, 但在无效线索化条件下, 晚期抑制相较早期易化条件却激活了一些包括额中回在内的前部皮层区域(Mayer, Dorflinger, et al., 2004)。这些结果同双成分理论认为 IOR 不单涉及眼动反应系统, 也涉及其它的非眼动系统的观点相吻合。

总的来说, 双成分理论的提出让研究者们看到了解决知觉和反应抑制争论的希望, 很好地解释了支持各自理论的研究结果。但双成分假说的理论架构还仅仅处于初级阶段, 仍然存在许多问题需要理清, 如 IOR 的双成分各自出现的边界条件以及其同早晚期抑制的关系等。

虽然 Hunt 等(2003)认为手动和眼动反应分别标识了 IOR 的注意和眼动运动成分, 但越来越多的证据表明这样的划分并不十分恰当。一方面, 有研究发现即使是手动反应任务中的 IOR 也同眼动反应有着密切的联系, 如 Kingstone 和 Pratt (1999)发现, 即使是在手动反应任务中, 当要求被试也对靶刺激做出眼动反应时 IOR 有更大的效应量(Kingstone & Pratt, 1999)。另一方面, 越来越多的研究在眼动反应任务中找到了感知成分

的踪迹。如, Anderson 和 Rees (2001)的一项结合眼动的 fMRI 研究发现,即使是在眼动任务中,从 V1 到 V3 等视觉区域也在线索化条件下有更弱的激活(Anderson & Rees, 2011)。Fecteau 和 Munoz (2005)也发现,猴子上丘脑表层神经元的放电活动受到眼动 IOR 的调节:这些神经元在线索化条件下有更低的放电频率(Dorris, Klein, Everling, & Munoz, 2002; Fecteau & Munoz, 2005)。考虑到这些神经元没有接收反馈信号的解剖特征(Gandhi & Katnani, 2011),该结果表明,即使眼动 IOR 也存在一个感知成分(Anderson & Rees, 2011)。同这种观点相一致,新近两项利用数据建模方法的研究表明,早期感觉和晚期运动两个成分可以很好地模拟眼动任务中的 IOR 效应(Satel, Wang, Trappenberg, & Klein, 2011; Wang, Satel, & Klein, 2012)。

因而, IOR 的区分似乎并不完全取决于作业的反应通道因素(手动或眼动),而是依赖于其它的因素。一个简单的方法是采用 Wang 等(2012)提出的区分法。然而, Satel 和 Wang (2012)发现 Wang 等(2012)模型的两种成分只适用于眼动作业:在同样的实验操控下只有眼动出现了实验性分离,在手动任务中并未发现相应的证据(Satel & Wang, 2012)。另一个可能区分因素则是采用信息在大脑中传输处理的通路来划分,即皮层成分和网膜顶盖成分。虽然这种划分也得到了研究,如 Sumner 等(2004)和 Smith 等(2009)及 Bourgeois 等(2012)的支持,但是迄今为止仍未有研究系统地考究这两种通路 IOR 的特性及其区别。因而这种划分是否合适仍然值得怀疑,也亟待新的研究来理清。

2.4 抑制标签理论

尽管双成分理论的出现一定程度上整合了知觉和反应抑制理论,较好地解释了一些早期研究存在的争论,但这一理论却很难以解释 IOR 与一些效应的复杂交互作用,如与语义启动、色词干扰效应的交互作用等(Fuentes & Santiago, 1999; Vivas & Fuentes, 2001; Vivas, Humphreys, & Fuentes, 2003)。Fuentes 等(1999)在线索化或非线索化位置上先后呈现一对启动-靶子词,结果发现,当“启动-靶子”SOA 很短时(250ms),尽管在非线索化位置出现了典型的语义启动效应(当靶子和启动词相关时比不相关时有更快的反应时),在线索化位置却出现了语义效应的反转,即出现了负性启动效应(靶子同启动词相关时反而有更慢的

反应时)(Fuentes et al., 1999)。更重要的是这种在线索化位置的语义负性启动效应,在长“启动-靶子”SOA 时又恢复为了典型的正性启动效应。这一结果很难用早期知觉损失和晚期反应偏向的理论来解释。即便知觉抑制理论可以通过“减弱启动词的表征,进而通过语义网络扩散影响靶子词的加工”来解释短“启动-靶子”SOA 下的负性启动效应,也无法很好地解释为何在长“启动-靶子”SOA 条件下语义负启动会反转为典型的正性启动。随后 Vivas 和 Fuentes (2001)采用 Stroop 任务也发现了相类似的效应,当色词呈现在线索化位置时有更小的干扰效应(Vivas & Fuentes, 2001; Vivas, Fuentes, Estevez, & Humphreys, 2007)。

基于上述发现, Fuentes 及其合作者(1999, 2001, 2008)在 Posner 的注意网络模型(参见 Petersen & Posner, 2012; Posner & Rothbart, 2007 关于注意网络的综述)基础上提出了 IOR 的抑制标签理论(Fuentes et al., 1999; Vivas & Fuentes, 2001; Vivas, Humphreys, & Fuentes, 2008)。他们认为,外周线索的出现会激活两个不同的注意系统,一个是由注意定向网络负责的定向系统,另一个则是由前额叶的注意执行网络负责的抑制标签(Inhibitory tagging, IT)系统。因而,除定向系统外,IT 也作用于先前线索化位置。IT 作用于刺激表征通达反应表征的连接上,通过暂时地中断“刺激-反应”连接来发挥作用(Fuentes et al., 1999; Vivas & Fuentes, 2001; Vivas et al., 2007)。虽然在大多数情况下执行网络和定向网络通过协同合作的方式发挥作用,这两个子系统却在一定程度上相互独立,即在一定条件下可能某一网络单独发挥作用(Fuentes et al., 2012),如执行系统受到损伤无法发挥作用时(如有前额叶功能障碍的特殊病人),定向系统也可以单独发挥作用(图 4)。

IT 的模型能很好地解释上述关于 IOR 同语义启动、Stroop 等很难为知觉/反应抑制理论所解释的交互作用。在 Fuentes 等(1999)的研究中,当启动词呈现在线索化位置时,抑制标签抑制其通达反应的连接,由于靶子刺激同启动刺激存在语义关联,靶子刺激通道反应的连接也被中断了,因而表现出负性启动效应。但此时语义表征本身的活动并没有受到影响,随着启动-靶子词间隔时间的增加抑制标签发挥的效应很快消失,语义表征的影响开始突显出来,导致了正性启动效应。

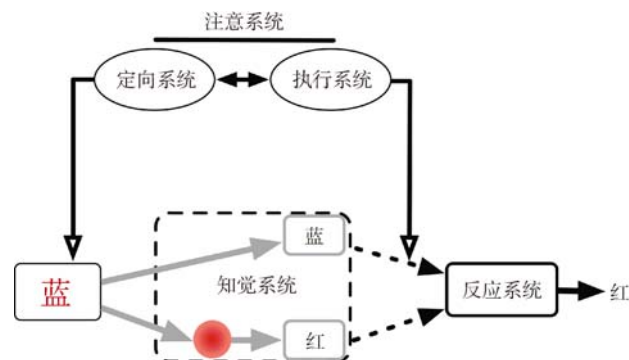


图 4 基于注意网络的抑制标签模型[引用并修改自(Fuentes, 2004)]

在 Vivas 等(2001, 2007)的 Stroop 任务中, 由于 IT 阻断了任务无关维度(字意)通达其相关联的反应表征, 减弱了字意对颜色命名的干扰, 从而降低了在线索化位置上的 Stroop 效应(Vivas & Fuentes, 2001; Vivas et al., 2007)。

IT 理论也得到了神经心理学研究的支持。Fuentes 等(2000)发现在前额叶功能退化的精神分裂症病人组, 尽管观测到同控制组相当的 IOR 效应, 却未能观测到在控制组出现的 IOR 同 Stroop 的交互作用(Fuentes, Boucart, Vivas, Alvarez, & Zimmerman, 2000)。这一结果表明, 前额叶功能退化的精神病患者, 由前额叶执行网络负责的 IT 机制受到了影响(图 4)。同时, Vivas 等(2003)发现在单侧顶叶受损的病人身上, 当靶子出现在损伤对侧视野时, 无论是 IOR 效应还是 IOR 对 Stroop 的调节作用都同正常被试的结果相当, 但当靶子出现在损伤同侧视野时, 既没有发现显著的 IOR 效应也没有发现对 Stroop 效应的调节作用。这一结果印证了负责 IT 的执行控制网络需要接收来自定向系统的输入, 即 IT 依赖于定向网络的完整。

新近 Y. Zhang, X. L. Zhou 和 M. Zhang (2012) 的一项 ERP 研究则为抑制标签理论的关键假设“暂时中断的抑制标签”提供了直接证据(Zhang et al., 2012)。Zhang 等结合线索-靶子范式并利用不同的 ERP 成分来标识不同阶段的加工, 试图考察定向和抑制标签系统对不同阶段信息加工过程的影响。结果发现同定向系统的作用相一致, 无论是标识早期知觉加工的 P1/N1 还是标识晚期反应冲突加工的 N450 成分都在线索化条件下有更小的幅值。更重要的是他们还发现 N450 成分在线索化条件下相较非线索化条件而言有更晚的潜伏

期。这一结果证实了 IT 理论的预测。该理论认为在线索化位置上, 抑制标签会暂时中断刺激-反应连结, 延迟该位置上的 Stroop 冲突, 从而预期冲突加工相关的 ERP 成分会在线索化条件下出现得更晚。

总的来说, Fuentes 等的抑制标签模型, 在早期模型的基础上增加了由前额叶执行控制网络负责的 IT 机制, 从而很好地解释了大量先前理论难以解释的结果, 如 IOR 对语义启动、Stroop 干扰效应的影响等。

3 多因素交互作用取向的理论

3.1 整合-分离理论

信息加工阶段取向的理论较好地阐述了 IOR 对多个信息加工阶段的影响: 双成分理论解决了知觉和反应抑制的争论, 也很好解释了众多相关研究结果, 如不同反应通道中 IOR 在性质上的分离等(Hunt & Kingstone, 2003)。IT 理论更是通过提出一个额外的、一定程度上独立于定向系统的抑制标签机制, 大大的扩展了传统 IOR 理论的解释范围。但整体来看, 这些理论主要偏重于考察 IOR 如何影响不同阶段/层次的信息加工, 缺乏对各种认知因素如何影响 IOR 效应的探讨。

为解释各种认知因素, 如任务需求等对 IOR 的影响, Lupiáñez 及其合作者基于知觉客体档案理论(Kahneman, Treisman, & Gibbs, 1992), 提出了 IOR 的整合-分离理论(Lupiáñez, 2010; Lupiáñez & Milliken, 1999; Lupiáñez et al., 2001; Milliken et al., 2003; Milliken, Tipper, Houghton, & Lupiáñez, 2000)。客体档案理论认为, 视觉刺激出现会自动诱发对先前相似事件记忆表征的提取, 并建立一

个同该事件相关的情景表征,即客体档案(Object file, Kahneman, et al., 1992)。随后,一致性加工(Correspondence processing)对当前刺激与客体档案里包含的信息,按时间和空间上的连续性进行比较判断:若两者在时空连续性(即在时间和空间位置上相近)上相匹配,则由整合加工(Integration processing)将两者整合起来,并根据新刺激的性质更新客体档案中的相关信息;若不具有时空上的连续性(如,时间上间隔太长,或空间上相差太远),则会新建一个客体档案。该理论强调时空连续性在一致性加工中的重要性:若新旧刺激在时空上相连续,即使特征信息存在较大差异也会将其整合到同一个客体档案中(以由远及近的飞机为例,飞机在远处时我们只能觉察到一个小点,但随着飞机越来越远我们会将其觉察为一架飞机。小点和飞机在物理特性上相差甚远,但由于具有时空连续性,我们还是将其知觉为一个而不是两个客体)。同时,随着前后两个刺激时空间隔的增大,将两个刺激整合到一起的难度越大,越容易失败,即越易被一致性加工判定为两个不同的客体(Kahneman et al., 1992)。

Lupiáñez 和 Milliken (1999), Lupiáñez 及其同事(2000, 2001)在客体档案理论上假设,刺激是被整合入已有客体档案,还是激活新的客体档案,不单取决于时空连续性,还取决于任务需求等自上而下的因素(Lupiáñez & Milliken, 1999; Lupiáñez et al., 2001; Milliken et al., 2000)。他们认为,线索化效应取决于整合加工和建立新客体档案两个相互竞争的过程。线索出现时会激活一个客体档案,随后出现在同一位置上的靶刺激,因同线索刺激具有时空连续性而被整合进已有的客体档案。与此相反,出现在非线索化位置的靶子,则由于在空间上不存在连续性而需要激活一个新的客体档案。由于将信息整合到已有客体档案比新建一个客体档案更容易,因而,对线索化位置上出现的靶子有更快的反应。但随着 SOA 的增加,线索刺激激活的客体档案渐渐关闭,这时将之重新打开并进行整合的难度就会增加,并导致反应时的延长,进而在行为水平上体现出了 IOR 效应。

整合-分离理论不但可以解释早期易化和晚期 IOR 效应,而且还能很好地解释 IOR 在不同任务需求下的时程变化(Lupiáñez et al., 1997)。在检

测任务中,将靶子整合进线索客体档案对完成任务并无帮助,仅是客体档案的建立就可以让被试成功检测到刺激的出现。更重要的是,将靶子整合进线索客体档案还会干扰对靶子刺激的检测,因为无法很好地分辨是线索还是靶刺激的呈现。因而,在检测任务中,认知系统会倾向于更早地关闭客体档案。从而,使得 IOR 效应更早地显现出来。相反,在辨别任务中,将靶刺激整合进线索档案有利于快速整合新信息(如,颜色等),并借助这些信息做出辨别判断。因而,认知系统会倾向于更晚地关闭客体档案,从而延迟了 IOR 的出现。

3.2 三因素理论

新近 Lupiáñez 及其同事(2007, 2011)进一步将整合-分离理论发展为了 IOR 的三因素理论,认为线索-靶子范式中的线索效应取决于空间定向收益(Spatial orienting benefit)、空间选择收益(Spatial selective benefit)以及出现检测损失(Onset detection cost)这 3 个因素(Lupiáñez, 2010; Lupiáñez et al., 2007)。线索呈现时会引起注意定向,从而易化对随后出现在该位置刺激的反应,即“空间定向收益”。线索本身亦会激活一个客体档案,由于随后出现在同一位置的刺激同线索在时间空间上的连续性,会自动的将靶子刺激整合进线索客体档案。这一整合过程对随后出现刺激的加工有两种不同的作用:一是有利于信息的累积,从而易化选择该位置的客体进行后续分析,如对刺激特征的辨别,即“空间选择收益”,二则是不利于检测随后出现在该位置的靶子刺激(需要在同一个空间位置上辨别两个客体),即“出现检测损失”。前者可能更多地依赖于腹侧视觉通路,而后者更多地依赖于背侧视觉通路(Lupiáñez et al., 2007)。这两者的权重取决于自上而下的任务需求。在检测或定位任务中,反应更少依赖于腹侧视觉通路,因而减少了“空间选择收益”的权重,从而使得 IOR 在较短的 SOA 下出现;相反辨别任务加工更多地依赖于腹侧视觉通路,因而增大了“空间选择收益”的权重,进而推迟了 IOR 的出现。与之相吻合,新近 Chen, Fuentes 和 Zhou (2010)发现同样的刺激,当要求被试做定位任务时,更多地激活了背侧视觉通路的相关区域;相反要求被试做辨别任务时,却更多地激活了腹侧视觉通路的相关区域(Chen et al., 2010)。

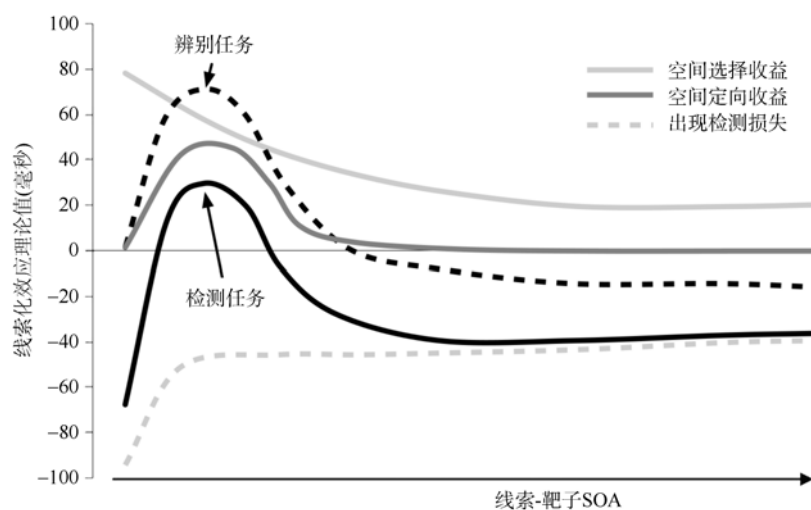


图 5 三因素模型对任务类型对 IOR 时程影响的示意图[引用并修改自: Lupiáñez, 2010]

值得注意的是, 尽管整合-分离理论和三因素理论都建立在客体档案理论基础上, 但这两个理论在对“任务需求如何影响 IOR”这一问题有着质的不同。整合-分离模型将任务需求对 IOR 的影响设定在将靶子刺激整合到线索客体档案的偏向上, 或者说关闭线索客体档案的时间上, 因而将线索对出现在同一位置靶刺激的辨别促进同它对靶刺激的检测损失对立起来(Milliken et al., 2000), 即认为认知系统要么选择促进对靶刺激的辨别加工, 要么选择促进对靶刺激的检测加工。三因素模型则将对辨别刺激的促进和对检测刺激的损失设定为并行的加工过程, 可能分别涉及刺激在腹侧和背侧视觉通路的加工(Lupiáñez et al., 2007)。不同任务的不同效应则是源于不同的任务涉及不同的脑加工区域(如检测和辨别任务分别更多的涉及背侧和腹侧视觉通路), 从而同“出现检测损失”和“空间选择收益”有着不同的交互方式。这样的改变, 一方面增加了靶子刺激本身的特性以及对其的反应要求等因素在模型中的权重; 另一方面, 简化了模型的复杂性, 使该理论模型可以更加灵活地解释不同任务间 IOR 在量和时程上的差别, 扩大了模型的解释度。

三因素理论不仅很好地解释了过往研究在不同任务需求中发现的 IOR 效应差异, 也得到了实验研究的支持(Lupiáñez et al., 2007)。Lupiáñez 等(2007)发现即使是在完全随机的混合实验中, IOR 出现与否也依赖于任务的需求。在他们的研究中,

有 3 类靶子刺激(如, X, O 和 U), 其中两类相互间较难区分(如, O 和 U), 但都易同第三类区分开来(如, X)。在实验中 3 种刺激随机出现, 但容易区分的其中一类刺激以较高概率出现(75%), 另两类则以较低概率出现(12.5%)。这样的设计有助于排除策略等因素的干扰。因为是随机呈现, 在靶刺激出现前被试亦无法知道即将出现的是何种类型的刺激, 因而只能采取统一的认知策略(如偏向大概率的刺激等)。根据早期理论, 对线索化位置的影响在靶刺激出现前已形成, 从而预期在 3 种实验条件下的 IOR 有着同样的时间进程。与之相反, Lupiáñez 等发现, 尽管在 75% 概率条件下发现了 IOR 效应, 在同一 SOA 时段却在另两种条件下观测到了易化效应。这一结果为三因素的平行加工观点提供了证据: 高概率条件下的刺激一来容易同另两种条件区分开来, 二来具有更直接的刺激反应连接, 因而需要更少的辨别加工资源, 突显出了“出现检测损失”, 从而表现出 IOR 效应。低概率条件下的刺激则因为需要深度辨别, 增加了从“空间选择收益”得到的增益, 从而表现出了易化效应。

与早期模型(知觉抑制模型和反应抑制模型)相比, Lupiáñez 等提出的基于客体档案的模型, 有着以下三方面的优势: 第一, 该模型通过将 IOR 产生理论同客体档案结合起来, 为解释不同参照框架下的 IOR 效应提供了一个单一的理论体系[如, Tipper, Weaver, Jerreat 和 Burak (1994)利用客

体档案来解释基于客体的IOR(Tipper et al., 1994), Hu 和 Samuel (2010), Hu, Samuel 和 Chan (2011) 利用 Lupiáñez 的模型来解释基于视觉特征的IOR(Hu & Samuel, 2010; Hu et al., 2011); Funes, Lupiáñez 和 Milliken (2008)和 Luo, Lupiáñez, Fu 和 Weng (2010)用之来解释早期易化和 IOR 与空间 Stroop 的交互效应(Luo et al., 2010)]. 第二, 该模型细致地阐述了 IOR 出现的原因, 通过将任务需求因素整合到反应要求与不同脑功能区域间的不同交互模式上(Lupiáñez et al., 2007), 使得对“复杂条件下自上而下因素影响”这一问题的考察变得更有预测性和可证伪性。第三方面的优势则在于突出了线索和靶子加工的交互性在决定 IOR 出现与否上的重要性, 使得模型有更广适用范围, 如对有干扰刺激条件下 IOR 时程问题的解释。

然而, 尽管 Lupiáñez 等的模型能很好地解释大量现有的数据, 且与早期模型相比, 在解释任务类型对 IOR 影响上有着显而易见的优势, 但整合-分离和三因素模型的一些关键性预测仍然未能得到很好的证实, 如客体档案在其中的关键性作用。具体地说, 该模型强调, 整合线索化位置的刺激进旧的客体档案以及在非线索化位置建立新客体档案这两个加工过程的相对消长决定了 IOR 的出现, 但这一重要假设, 迄今为止仍未得到证实。对这些问题的探讨, 对我们更好地理解 IOR 的认知神经机制有着重要的意义。

4 小结和展望

综上, 自 Posner 和 Cohen (1984)发现 IOR 效应以来, 研究者们围绕着“IOR 如何形成及表达”这一 IOR 认知机制的核心问题提出了众多的理论: 一方面, 研究者从 IOR 如何影响信息加工入手提出了知觉抑制、反应抑制、双成分及抑制标签机制等理论; 另一方面则从任务需求等因素同 IOR 的交互模式入手提出了整合-分离和三因素理论。总的来说, 虽然上述理论从不同的角度预测和解释了大量 IOR 研究的结果, 但仍各自存在一些不足, 亟待进一步的研究来理清。

首先, 虽然双成分理论赋予不同成分不同的功能特征, 如眼动成分更偏向于运动系统加工, 而知觉注意成分更偏向于知觉系统, 从而较好地解决了早期研究存在的争论(Hunt & Kingstone, 2003), 但大量研究表明, 继续使用反应通道来区

分这两种成分已经不太合适(Wang et al., 2012), 因而寻找合适的划分方案, 已成为双成分理论的一个无法回避的问题。一个可能的方式是结合 ERP 技术并系统操纵相关影响因素如反应通道、刺激特征等来考察不同类型 IOR 对信息加工阶段影响的模式, 进而归纳提取出区分 IOR 成分的关键因素。

其次, 虽然 IT 模型通过引入额外的 IT 机制, 为解释 IOR 与不同阶段信息加工的交互方式提供了合理而灵活的理论框架, 但 IT 模型的一些重要问题如抑制标签如何作用仍需进一步的研究来阐明。尽管 Zhang 等(2012)证实了“暂时”中断机制的存在, 但考虑到其所采用的经典 Stroop 任务包含了语义和反应两种不同来源的冲突(van Veen & Carter, 2005), IT 发挥作用的具体阶段, 即究竟 IOR 是作用于刺激-反应连结还是语义加工水平, 仍然是一个悬而未决的问题。鉴于 ERP 研究在考察信息加工阶段上的卓越优势, 一个可能的思路是利用冲突分离范式(De Houwer, 2003)来分离语义和反应两个水平的冲突, 并结合 ERP 技术来考证 IT 机制发挥作用的阶段。

另外, 整合-分离/三因素理论为解释 IOR 的发生及其变异(如, 不同任务中的 IOR 在时程和量上的不同等)以及不同参照框架等重要问题提供了一个合适的理论框架。然而, 该理论中的重要假设—多种并行信息加工机制共同作用决定了 IOR 的出现和效应量, 还未得到相应研究的证实。fMRI 技术可以同时考察大脑多个区域的功能活动, 因而在研究多功能区域协同合作方面, 有着天然的优势。无疑, 今后研究的一个很有希望的方向就是结合 fMRI 技术针对整合-分离/三因素理论的理论预测进行直接的验证。

最后值得关注是, 尽管我们将 IOR 机制的研究大致地划分为“IOR 对信息加工的影响”和“各种因素如何影响 IOR”两大类, 但并不意味着这两类研究相互独立甚至排斥。相反, 尽管这两类理论侧重于不同的研究视角, 却常常相互交错和相互影响。一方面, 早期知觉抑制或反应抑制理论都在一定程度上涉及了各种因素如何影响 IOR 效应, 如任务难度以及刺激类型(通道等)的作用。回顾前文不难发现, Klein 和 Taylor (1994, 1998)在很大程度上正是因为发现 IOR 只出现在特定类型的辨别任务中, 而提出了运动反应抑制理论; 另一方面,

整合-分离/三因素理论虽主要立足于解释各种因素如何影响 IOR, 却也受到 IOR 对信息加工阶段研究结果的制约, 如三因素理论模型的“检测损失”究竟是如何导致行为水平上的损失? 是通过影响信息累积还是通过改变决策标准? 这些问题都同 IOR 对信息加工阶段影响的研究有着密切的关系。因而, 这两大类的研究实际上是互为补充、协同合作的关系。对探明 IOR 的机制而言, 这两方面的研究都十分重要, 只有同时对这两方面的问题进行考察, 才有可能最终探明 IOR 的生成及其表达机制。

致谢: 感谢英国 Birmingham 大学的周北南在论文行文过程中提供的建议和帮助。

参考文献

- Anderson, E. J., & Rees, G. (2011). Neural correlates of spatial orienting in the human superior colliculus. *Journal of Neurophysiology*, 106(5), 2273–2284.
- Bourgeois, A., Chica, A. B., Migliaccio, R., Thiebaut de Schotten, M., & Bartolomeo, P. (2012). Cortical control of inhibition of return: Evidence from patients with inferior parietal damage and visual neglect. *Neuropsychologia*, 50(5), 800–809.
- Chen, Q., Fuentes, L. J., & Zhou, X. L. (2010). Biasing the organism for novelty: A pervasive property of the attention system. *Human Brain Mapping*, 31(8), 1146–1156.
- Chica, A. B., Taylor, T. L., Lupiáñez, J., & Klein, R. M. (2010). Two mechanisms underlying inhibition of return. *Experimental Brain Research*, 201(1), 25–35.
- De Houwer, J. (2003). On the role of stimulus-response and stimulus-stimulus compatibility in the Stroop effect. *Memory & Cognition*, 31(3), 353–359.
- Dorris, M. C., Klein, R. M., Everling, S., & Munoz, D. P. (2002). Contribution of the primate superior colliculus to inhibition of return. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 14(8), 1256–1263.
- Fecteau, J. H., & Munoz, D. P. (2005). Correlates of capture of attention and inhibition of return across stages of visual processing. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 17(11), 1714–1727.
- Fuentes, L. J. (2004). Inhibitory processing in the attentional networks. In M. I. Posner (Ed.), *Cognitive neuroscience of attention* (pp. 45–55). New York: Guilford Press.
- Fuentes, L. J., Boucart, M., Vivas, A. B., Alvarez, R., & Zimmerman, M. A. (2000). Inhibitory tagging in inhibition of return is affected in schizophrenia: Evidence from the stroop task. *Neuropsychology*, 14(1), 134–140.
- Fuentes, L. J., & Santiago, E. (1999). Spatial and semantic inhibitory processing in schizophrenia. *Neuropsychology*, 13(2), 259–270.
- Fuentes, L. J., Vivas, A. B., & Humphreys, G. W. (1999). Inhibitory tagging of stimulus properties in inhibition of return: Effects on semantic priming and flanker interference. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology A*, 52(1), 149–164.
- Fuentes, L. J., Vivas, A. B., Langley, L. K., Chen, Q., & González-Salinas, C. (2012). Inhibitory mechanisms in the attentional networks: A multidisciplinary approach. In M. I. Posner (Ed.), *Cognitive neuroscience of attention* (2 ed., pp. 76–88). New York: Guilford Press.
- Funes, M. J., Lupiáñez, J., & Milliken, B. (2008). The modulation of exogenous Spatial Cueing on Spatial Stroop interference: Evidence of a set for “cue-target event segregation”. *Psicologica*, 29, 65–95.
- Gandhi, N. J., & Katnani, H. A. (2011). Motor functions of the superior colliculus. *Annual Review of Neuroscience*, 34, 205–231.
- Henderson, J. M., & Luke, S. G. (2012). Oculomotor inhibition of return in normal and mindless reading. *Psychonomic Bulletin & Review*, 19(6), 1101–1107.
- Hooge, I. T. C., Over, E. A. B., van Wezel, R. J. A., & Frens, M. A. (2005). Inhibition of return is not a foraging facilitator in saccadic search and free viewing. *Vision Research*, 45(14), 1901–1908.
- Hopfinger, J. B., & Mangun, G. R. (2001). Tracking the influence of reflexive attention on sensory and cognitive processing. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, 1(1), 56–65.
- Hu, F. K., & Samuel, A. G. (2010). Facilitation versus inhibition in non-spatial attribute discrimination tasks. *Atten Percept Psychophys*, 73(3), 784–796.
- Hu, F. K., Samuel, A. G., & Chan, A. S. (2011). Eliminating inhibition of return by changing salient nonspatial attributes in a complex environment. *Journal of Experimental Psychology: General*, 140(1), 35–50.
- Hunt, A. R., & Kingstone, A. (2003). Inhibition of return: Dissociating attentional and oculomotor components. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 29(5), 1068–1074.
- Ivanoff, J., & Klein, R. (2001). The presence of a nonresponding effector increases inhibition of return. *Psychonomic Bulletin & Review*, 8(2), 307–314.
- Ivanoff, J., & Klein, R. M. (2006). Inhibition of return: Sensitivity and criterion as a function of response time. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 32(4), 908–919.
- Kahneman, D., Treisman, A., & Gibbs, B. J. (1992). The

- reviewing of object files: Object-specific integration of information. *Cognitive Psychology*, 24(2), 175–219.
- Kingstone, A., & Pratt, J. (1999). Inhibition of return is composed of attentional and oculomotor processes. *Perception & Psychophysics*, 61(6), 1046–1054.
- Kiss, M., van Velzen, J., & Eimer, M. (2008). The N2pc component and its links to attention shifts and spatially selective visual processing. *Psychophysiology*, 45(2), 240–249.
- Klein, R. M. (2000). Inhibition of return. *Trends Cognitive Sciences*, 4(4), 138–147.
- Klein, R. M., & Dick, B. (2002). Temporal dynamics of reflexive attention shifts: A dual-stream rapid serial visual presentation exploration. *Psychological Science*, 13(2), 176–179.
- Klein, R. M., & Ivanoff, J. (2011). The components of visual attention and the ubiquitous Simon effect. *Acta Psychologica*, 136(2), 225–234.
- Lavie, N. (2005). Distracted and confused?: Selective attention under load. *Trends Cognitive Sciences*, 9(2), 75–82.
- Lepsien, J., & Pollmann, S. (2002). Covert reorienting and inhibition of return: An event-related fMRI study. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 14(2), 127–144.
- Luo, C. M., Lupiáñez, J., Fu, X. L., & Weng, X. C. (2010). Spatial Stroop and spatial orienting: The role of onset versus offset cues. *Psychological Research*, 74(3), 277–290.
- Lupiáñez, J. (2010). Inhibition of return. In K. Nobre & J. Coull (Eds.), *Attention and time* (pp. 17–33). New York: Oxford University Press.
- Lupiáñez, J., Klein, R. M., & Bartolomeo, P. (2006). Inhibition of return: Twenty years after. *Cognitive Neuropsychology*, 23(7), 1003–1014.
- Lupiáñez, J., Milan, E. G., Tornay, F. J., Madrid, E., & Tudela, P. (1997). Does IOR occur in discrimination tasks? Yes, it does, but later. *Perception & Psychophysics*, 59(8), 1241–1254.
- Lupiáñez, J., & Milliken, B. (1999). Inhibition of return and the attentional set for integrating versus differentiating information. *The Journal of General Psychology*, 126(4), 392–418.
- Lupiáñez, J., Milliken, B., Solano, C., Weaver, B., & Tipper, S. P. (2001). On the strategic modulation of the time course of facilitation and inhibition of return. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology A*, 54(3), 753–773.
- Lupiáñez, J., Ruz, M., Funes, M. J., & Milliken, B. (2007). The manifestation of attentional capture: Facilitation or IOR depending on task demands. *Psychological Research*, 71(1), 77–91.
- MacInnes, W. J., & Klein, R. M. (2003). Inhibition of return biases orienting during the search of complex scenes. *TheScientificWorldJournal*, 3, 75–86.
- Mayer, A. R., Dorflinger, J. M., Rao, S. M., & Seidenberg, M. (2004). Neural networks underlying endogenous and exogenous visual-spatial orienting. *NeuroImage*, 23(2), 534–541.
- Mayer, A. R., Seidenberg, M., Dorflinger, J. M., & Rao, S. M. (2004). An event-related fMRI study of exogenous orienting: Supporting evidence for the cortical basis of inhibition of return? *Journal of Cognitive Neuroscience*, 16(7), 1262–1271.
- McDonald, J. J., Hickey, C., Green, J. J., & Whitman, J. C. (2009). Inhibition of return in the covert deployment of attention: Evidence from human electrophysiology. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 21(4), 725–733.
- McDonald, J. J., Ward, L. M., & Kiehl, K. A. (1999). An event-related brain potential study of inhibition of return. *Perception & Psychophysics*, 61(7), 1411–1423.
- Milliken, B., Lupiáñez, J., Roberts, M., & Stevanovski, B. (2003). Orienting in space and time: Joint contributions to exogenous spatial cuing effects. *Psychonomic Bulletin & Review*, 10(4), 877–883.
- Milliken, B., Tipper, S. P., Houghton, G., & Lupiáñez, J. (2000). Attending, ignoring, and repetition: On the relation between negative priming and inhibition of return. *Perception & Psychophysics*, 62(6), 1280–1296.
- Müller, N. G., & Kleinschmidt, A. (2007). Temporal dynamics of the attentional spotlight: Neuronal correlates of attentional capture and inhibition of return in early visual cortex. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 19(4), 587–593.
- Pastötter, B., Hanslmayr, S., & Bäuml, K. H. (2008). Inhibition of return arises from inhibition of response processes: An analysis of oscillatory beta activity. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 20(1), 65–75.
- Petersen, S. E., & Posner, M. I. (2012). The attention system of the human brain: 20 years after. *Annual Review of Neuroscience*, 35, 73–89.
- Posner, M. I., & Cohen, Y. (1984). Components of visual orienting. In H. Bouma, & D. G. Bouwhuis (Eds.), *Attention and Performance X: Control of Language Processes* (pp. 531–556). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Posner, M. I., & Rothbart, M. K. (2007). Research on attention networks as a model for the integration of psychological science. *Annual Review of Psychology*, 58, 1–23.
- Pratt, J., & Abrams, R. A. (1995). Inhibition of return to successively cued spatial locations. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and*

- Performance*, 21(6), 1343–1353.
- Prime, D. J., & Jolicoeur, P. (2009a). On the relationship between occipital cortex activity and inhibition of return. *Psychophysiology*, 46(6), 1278–1287.
- Prime, D. J., & Jolicoeur, P. (2009b). Response-selection conflict contributes to inhibition of return. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 21(5), 991–999.
- Reuter-Lorenz, P. A., Jha, A. P., & Rosenquist, J. N. (1996). What is inhibited in inhibition of return? *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 22(2), 367–378.
- Rosen, A. C., Rao, S. M., Caffarra, P., Scaglioni, A., Bobholz, J. A., Woodley, S. J.,... Binder, J. R. (1999). Neural basis of endogenous and exogenous spatial orienting. A functional MRI study. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 11(2), 135–152.
- Satel, J., & Wang, Z. G. (2012). Investigating a two causes theory of inhibition of return. *Experimental Brain Research*, 223(4), 469–478.
- Satel, J., Wang, Z., Trappenberg, T. P., & Klein, R. M. (2011). Modeling inhibition of return as short-term depression of early sensory input to the superior colliculus. *Vision Research*, 51(9), 987–996.
- Schmidt, W. C. (1996). Inhibition of return is not detected using illusory line motion. *Perception & Psychophysics*, 58(6), 883–898.
- Simon, J. R. (1969). Reactions toward the source of stimulation. *Journal of Experimental Psychology*, 81, 174–176.
- Smith, D. T., Ball, K., & Ellison, A. (2012). Inhibition of return impairs phosphene detection. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 24(11), 2262–2267.
- Smith, D. T., Jackson, S. R., & Rorden, C. (2009). An intact eye-movement system is not required to generate inhibition of return. *Journal of Neuropsychology*, 3(Pt 2), 267–271.
- Smith, D. T., Rorden, C., & Jackson, S. R. (2004). Exogenous orienting of attention depends upon the ability to execute eye movements. *Current Biology*, 14(9), 792–795.
- Smith, T. J., & Henderson, J. M. (2009). Facilitation of return during scene viewing. *Visual Cognition*, 17(6–7), 1083–1108.
- Smith, T. J., & Henderson, J. M. (2011a). Does oculomotor inhibition of return influence fixation probability during scene search? *Attention, Perception, & Psychophysics*, 73(8), 2384–2398.
- Smith, T. J., & Henderson, J. M. (2011b). Looking back at Waldo: Oculomotor inhibition of return does not prevent return fixations. *Journal of Vision*, 11(1), article 3.
- Souto, D., & Kerzel, D. (2009). Evidence for an attentional component in saccadic inhibition of return. *Experiment Brain Research*, 195(4), 531–540.
- Sumner, P. (2006). Inhibition versus attentional momentum in cortical and collicular mechanisms of IOR. *Cognitive Neuropsychology*, 23(7), 1035–1048.
- Sumner, P., Nachev, P., Vora, N., Husain, M., & Kennard, C. (2004). Distinct cortical and collicular mechanisms of inhibition of return revealed with S cone stimuli. *Current Biology*, 14(24), 2259–2263.
- Taylor, T. L., & Klein, R. M. (1998). On the causes and effects of inhibition of return. *Psychonomic Bulletin & Review*, 5(4), 625–643.
- Taylor, T. L., & Klein, R. M. (2000). Visual and motor effects in inhibition of return. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 26(5), 1639–1656.
- Tian, Y., & Yao, D. Z. (2008). A study on the neural mechanism of inhibition of return by the event-related potential in the Go/Nogo task. *Biological Psychology*, 79(2), 171–178.
- Tipper, S. P., Weaver, B., Jerreat, L. M., & Burak, A. L. (1994). Object-based and environment-based inhibition of return of visual attention. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception & Performance*, 20(3), 478–499.
- van Veen, V., & Carter, C. S. (2005). Separating semantic conflict and response conflict in the Stroop task: A functional MRI study. *NeuroImage*, 27(3), 497–504.
- Vivas, A. B., & Fuentes, L. J. (2001). Stroop interference is affected in inhibition of return. *Psychonomic Bulletin & Review*, 8(2), 315–323.
- Vivas, A. B., Fuentes, L. J., Estevez, A. F., & Humphreys, G. W. (2007). Inhibitory tagging in inhibition of return: Evidence from flanker interference with multiple distractor features. *Psychonomic Bulletin & Review*, 14(2), 320–326.
- Vivas, A. B., Humphreys, G. W., & Fuentes, L. J. (2003). Inhibitory processing following damage to the parietal lobe. *Neuropsychologia*, 41(11), 1531–1540.
- Vivas, A. B., Humphreys, G. W., & Fuentes, L. J. (2008). Object-based inhibition of return in patients with posterior parietal damage. *Neuropsychology*, 22(2), 169–176.
- Wang, Z. G., & Klein, R. M. (2010). Searching for inhibition of return in visual search: A review. *Vision Research*, 50(2), 220–228.
- Wang, Z. G., Satel, J., & Klein, R. M. (2012). Sensory and motor mechanisms of oculomotor inhibition of return. *Experimental Brain Research*, 218(3), 441–453.
- Wang, Z. G., Zhang, K., & Klein, R. M. (2010). Inhibition of return in static but not necessarily in dynamic search.

- Attention, Perception, & Psychophysics*, 72(1), 76–85.
- Weger, U. W., Abrams, R. A., Law, M. B., & Pratt, J. (2008). Attending to objects: Endogenous cues can produce inhibition of return. *Visual Cognition*, 16(5), 659–674.
- Yang, D., Yao, S. X., Ding, C., Qi, S. Q., & Lei, Y. (2012). Electrophysiological evidence for inhibition of return effect in exogenous orienting. *Experimental Brain Research*, 221(3), 279–285.
- Zhang, M., & Zhang, Y. (2007). Semantic processing is affected in inhibition of return: Evidence from an event-related potentials study. *Neuroreport*, 18(3), 267–271.
- Zhang, Y., & Zhang, M. (2011). Spatial working memory load impairs manual but not saccadic inhibition of return. *Vision Research*, 51(1), 147–153.
- Zhang, Y., Zhou, X. L., & Zhang, M. (2012). Temporary inhibitory tagging at previously attended locations: Evidence from event-related potentials. *Psychophysiology*, 49(9), 1191–1199.
- Zhou, X. L., & Chen, Q. (2008). Neural correlates of spatial and non-spatial inhibition of return (IOR) in attentional orienting. *Neuropsychologia*, 46(11), 2766–2775.

Cognitive Mechanism of Visual Inhibition of Return

ZHANG Yang¹; PENG Chunhua²; SUN Yang³; ZHANG Ming¹

(¹ Department of Psychology, Soochow University, Suzhou 215123, China)

(² Department of Psychology, Chongqing University of Arts and Sciences, Chongqing 402160, China)

(³ Department of Psychology, Tsinghua University, Beijing 100084, China)

Abstract: Inhibition of return (IOR) refers to slower responses to targets appeared at previous attended locations than to those at control locations. Here we shall review the cognitive mechanism theories of IOR and discuss how IOR is generated and expressed. We have classified the theories into two broad categories: the first category of theories focus on how IOR affects different stages of information processing, which includes perceptual inhibition theory, motor/response inhibition theory, dual components theory and inhibitory tagging theory; The second category of theories tend to focus more on how the top-down factors, such as task set, modulate the expression of IOR, which includes integration-segregation theory and three factors theory.

Key words: inhibition of return; perceptual/response inhibition theory; dual components theory; inhibitory tagging theory; integration-segregation/three factors theory