

Visual Working Memory Influence the Attentional Selection of Emotional Faces

Lingxia Fan¹, Cody Ding^{1,2}, Renlu Guo³, Dong Yang^{1*}

¹Department of Psychology, Southwest University, Chongqing

²University of Missouri-Saint Louis, St. Louis

³Institute of Psychology and Behavior, Wenzhou University, Wenzhou

Email: fanlingxia990@163.com

Received: Dec. 17th, 2013; revised: Dec. 23rd, 2013; accepted: Dec. 30th, 2013

Copyright © 2014 Lingxia Fan et al. This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited. In accordance of the Creative Commons Attribution License all Copyrights © 2014 are reserved for Hans and the owner of the intellectual property Lingxia Fan et al. All Copyright © 2014 are guarded by law and by Hans as a guardian.

Abstract: With the combined memory task and visual search paradigm, this study aimed to discuss the influence of contents of visual working memory to visual search of emotional faces. The results showed that the effect of the contents of visual working memory was significant. And the RTs were significantly longer in the invalid condition than in the valid condition for not only happy face but also angry face. The results suggested that the information which was maintained in visual working memory could affect the visual search efficiency of emotional faces. The findings broaden biased competition model.

Keywords: Working Memory; Schematic Face; Attention Allocation

视觉工作记忆内容引导情绪面孔的视觉搜索

范玲霞¹, Cody Ding^{1,2}, 郭仁露³, 杨东^{1*}

¹西南大学心理学部, 重庆

²美国密苏里大学圣路易斯分校, 圣路易斯

³温州大学心理与行为研究所, 温州

Email: fanlingxia990@163.com

收稿日期: 2013年12月17日; 修回日期: 2013年12月23日; 录用日期: 2013年12月30日

摘要: 本文通过采用记忆任务和视觉搜索任务相结合的方式, 以简笔画情绪面孔为材料, 探讨了视觉工作记忆内容对情绪面孔视觉搜索的影响。结果发现: 不同工作记忆内容条件下对情绪面孔搜索的反应时存在显著差异, 对两种情绪面孔搜索的反应时在无效信息条件下显著慢于有效信息条件下。结果表明, 工作记忆内容能够引导情绪面孔的视觉搜索, 实验结果拓展了偏向竞争理论模型的适用范围。

关键词: 工作记忆; 简画面孔; 注意分配

1. 引言

工作记忆内容和选择性注意的关系, 成为近年来

*通讯作者。

研究者探讨的热点之一。Desimone 和 Duncan 等人 (1995) 针对工作记忆内容对选择性注意的影响而提出了偏向竞争理论模型, 该模型认为: 如果某一客体的

表征与当前工作记忆中所保持的目标模板相匹配,那么该客体表征就会取得竞争优势而被视觉注意优先选择。Downing 等人(2000)最早对偏向竞争理论模型进行了验证,他们用不同种类的刺激为材料进行研究,结果发现无论是以面孔为材料还是以普通刺激为材料,工作记忆内容都将个体的注意导向与该内容相匹配的刺激。随后,Soto 等人采用记忆任务和搜索任务结合的范式,验证了工作记忆内容能够提高与之匹配刺激的知觉加工(Soto, Heinke, Humphreys & Blanco, 2005; Soto, Wriglesworth, Bahrami-Balani & Humphreys, 2010)。Oliver 等人(2006)也采用类似的实验范式,发现当搜索任务中的分心物和工作记忆中的刺激相匹配时,搜索效率大大降低,眼动数据表明与工作记忆内容匹配的分心物被注视的次数更多,这说明即使刺激和搜索任务无关,只要和工作记忆内容相匹配,就有可能得到注意的优先加工。此外,Hollingworth 等人(2009)以颜色特征为记忆目标,使用眼动技术进一步研究发现:注视点周围的客体通过竞争来成为扫视的目标,与工作记忆内容匹配的客体会取得竞争优势而被优先选择。不仅仅只有工作记忆中的刺激才能引导注意选择,Zhe Chen 和 Tsou 发现与工作记忆中任务相匹配的刺激也会得到更快的加工,说明工作记忆中的任务也能够引导注意选择过程。然而,有的研究者并没有发现这种效应,如 Downing 等人(2004)采用双任务范式进行研究,结果发现搜索反应时并没有因为与记忆内容相匹配的分心物的出现而受到影响。我们推测可能是工作记忆项目过多,注意资源不足,为了顺利完成搜索任务,被试就更易忽略分心客体的干扰。

工作记忆内容影响注意选择的原因机制至今仍处于争论之中,Woodman 等人(2007)试图探讨工作记忆内容是否自动捕获注意,结果并没有发现自动的注意捕获效应,因此他认为工作记忆内容对客体信息加工的影响是以灵活的方式起作用的。但 Soto 等人(2008)的研究认为工作记忆内容对视觉搜索的引导是自动的加工过程,不受被试策略性调整的影响。Carlisle 和 Woodman 等人(2011)通过操纵工作记忆内容和目标客体匹配的概率来区分自动加工和策略性加工过程,结果发现工作记忆内容对视觉搜索的影响既有自动加工的成分也存在着策略加工的效应,被试会根据工作记忆内容和目标客体匹配的概率而调整策略,当记忆

内容与目标客体匹配概率较低则不会影响被试的搜索效率。

前人研究中,视觉搜索的材料大都是简单的感觉刺激,如形状、颜色等,其中,也有研究者采用较为复杂的刺激进行研究,如 Downing 的研究所用材料是真人面孔,但他并没有关注面孔的情绪,关注的也只是简单的面孔表征(P. E. Downing, 2000)。而 Houtkamp 和 Roelfsema(2006)以现实生活中的物品图片为材料研究工作记忆内容对复杂刺激的视觉搜索有无引导作用,结果却并没有发现引导效应。使用复杂刺激作为视觉搜索的材料可能有很多难以操纵的无关变量,因此,此后并没有研究者探讨工作记忆中的内容是否也可以引导复杂刺激的选择性注意。

情绪面孔选择性注意的研究也是近些年研究者关注的热点问题,研究者用简笔画面孔为材料,发现对愤怒面孔的反应要显著快于对高兴面孔的反应,称之为愤怒面孔优势效应(Horstmann, 2007),说明个体对愤怒面孔具有加工优势。简笔画面孔是经过标准化的实验材料,分为高兴面孔、愤怒面孔和中性面孔,三种面孔除了眉毛和嘴巴的线条方向有差异,其余部分完全相同(Horstmann, 2007),排除了真人面孔难以平衡的无关变量。本研究以简笔画面孔为材料,探讨视觉工作记忆内容是否也可以引导情绪面孔的视觉搜索,尤其是对本身就具有加工优势的愤怒面孔。实验中,为了获得纯粹的视觉工作记忆而避免被试对记忆材料进行语义编码,要求被试在实验过程中不断地重复读出两个给定的随机数字(张豹,金志成,陈彩琦,2008)。本研究假设视觉工作记忆内容能够引导情绪面孔的搜索。当工作记忆内容和目标面孔匹配时,即有效信息条件下,会大大加快对两种情绪面孔的搜索降低目标搜索的反应时;当工作记忆内容和分心面孔匹配时,即无效信息条件下,会大大干扰对两种情绪面孔的搜索,增加目标搜索的反应时。

2. 实验一

2.1. 被试

随机选取某大学 16 名大学生作为被试(8 名男生、8 名女生),年龄在 18~24 岁之间,平均年龄 21.1 ± 1.18 岁,所有被试身体健康,均为右利手,裸眼视力或矫正视力正常,无色盲等眼疾。所有被试均未参加过类

似的实验，并均为自愿参加实验，实验之后给予一定报酬。

2.2. 刺激和材料

工作记忆刺激为一个带有颜色的正方形，共有红、绿、紫三种颜色。视觉搜索的刺激是四个简笔画面孔与不同颜色正方形的组合体，每一次呈现都会有三个中性简笔画面孔和一个高兴或愤怒简笔画面孔组成。面孔外围的正方形颜色有红、蓝、黄、绿、紫五种，且颜色的亮度、饱和度及正方形的大小均严格匹配。

2.3. 实验设计

采用 3(视觉工作记忆信息的有效性:有效、中性、无效) × 2(搜索目标类型:高兴、愤怒)两因素的被试内设计。视觉工作记忆有效性和搜索目标类型均为被试内因素，因变量为被试搜索的反应时。

当视觉搜索中目标面孔外围的方框颜色和工作记忆中的正方形颜色匹配时，称为有效信息条件；当目标面孔外围方框颜色和工作记忆颜色不匹配，而其中一个分心面孔外围方框的颜色和工作记忆颜色匹配时，称为无效信息条件；当搜索集中所有面孔外围方框的颜色都非工作记忆中的颜色时，称为中性条件。

2.4. 仪器和程序

实验在明亮的单间隔音实验室里进行，刺激呈现在戴尔计算机的 17 英寸液晶监视器上，刷新率为 60 HZ，分辨率 1024*768 像素，屏幕背景为白色(下同)。实验程序用 E-prime1.0 编写，键盘上的“F”、“J”“1”、“2”为反应键。

首先，呈现一个正方形 1000 ms，要求被试记忆正方形的颜色，正方形消失后在屏幕的正中央呈现一个“+”注视点，要求被试盯着注视点，500 ms 后注视点周围会出现不同颜色方框包围的四个简笔画面孔，其中三个中性面孔和一个情绪性面孔，情绪性面孔是高兴或者愤怒，此时，要求被试搜索四个面孔中唯一不同的面孔是高兴还是愤怒，愤怒按“1”键，高兴按“2”键，面孔按键消失后，又会出现一个正方形，此时要求被试判断当前正方形的颜色和最开始要求记忆的正方形颜色是否一致，不一致按“D”键，一致按“F”键，按键在被试间平衡，反应完 1000 ms 后进入下一试次，此外，要求被试在实验过程中不断

地重复读出两个给定的随机数字。实验一流程见图 1。

正式实验开始前，被试先进行 20 个试次的练习实验。正式实验每种处理有 60 个试次，共 360 个试次，每 60 个试次休息 1 min，试次随机呈现，要求被试反应又快又准。

2.5. 结果与分析

所有被试数据均有效，剔除错误反应和三个标准差之外的反应时数据，采用 spss16.0 对数据进行管理和分析。

不同实验条件下的搜索反应时，结果如表 1。

重复测量方差分析发现，视觉工作记忆内容有效性的主效应显著，有效信息条件下对两种情绪面孔搜索的反应时显著快于无效信息条件下对两种情绪面孔搜索的反应时， $F(2,30) = 12.64$, $p < 0.001$ 。面孔搜索的主效应显著，愤怒面孔搜索的反应时显著快于高兴面孔搜索的反应时， $F(1,15) = 23.182$, $p < 0.001$ 。工作记忆内容的有效性和面孔搜索的交互效应不显著 $F(2,30) = 0.55$, $p > 0.05$ 。进一步分析发现，对愤怒面孔来说，相比于中性条件，干扰条件显著阻碍了愤

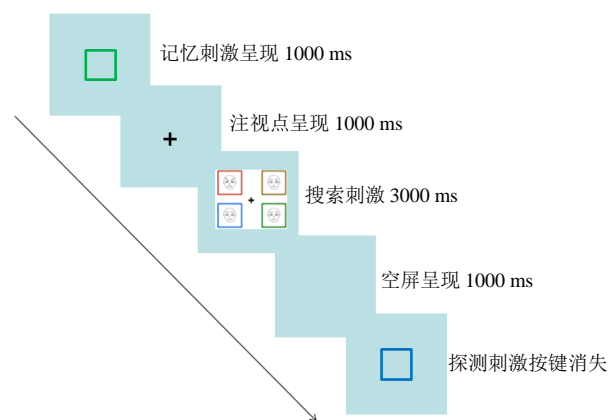


Figure 1. Program figure of experiment one
图 1. 实验一流程图

Table 1. Search RTs of different matches (M ± SD)
表 1. 不同匹配条件下搜索反应时比较(M ± SD)

	高兴面孔		愤怒面孔	
	M(ms)	SD	M(ms)	SD
有效条件	1166	292	1088	273
中性条件	1182	262	1098	292
无效条件	1250	319	1171	319

怒面孔的搜索, $p < 0.05$, 匹配条件虽然有加快对愤怒面孔的搜索的趋势, 但是差异并不显著 $p > 0.05$; 对高兴面孔来说, 相比于中性条件, 干扰条件显著的阻碍了高兴面孔的搜索, $p < 0.05$, 匹配条件对高兴面孔的搜索的反应时虽然变慢, 但是差异并不显著, $p = 0.105$ 。

3. 实验二

实验一的研究结果发现, 工作记忆中的刺激与面孔搜索任务无关, 仍能够影响搜索效率。但是注意过的刺激特征由于熟悉而更易被优先选择, 这种效应称为知觉启动效应, 这种效应可能会混淆工作记忆内容对注意的引导效应, 因此, 为了排除熟悉性对实验结果的干扰, 我们进行了实验二, 实验二和实验一的实验程序基本一致, 唯一的不同在于, 实验二中不要求被试记忆刚开始呈现的正方形颜色, 只是注意, 搜索之后也不再检测刺激呈现。

3.1. 被试

同实验一。

3.2. 实验材料

同实验一。

3.3. 实验设计

同实验一

3.4. 仪器和程序

仪器同实验一。

首先, 呈现一个带有颜色的正方形 1000 ms, 只需要被试注意看, 并不要求记忆正方形的颜色, 正方形消失后在屏幕的正中央呈现一个“+”注视点, 要求被试盯着注视点, 500 ms 后注视点周围会出现不同颜色方框包围的四个简画面孔, 其中有三个中性面孔和一个情绪性面孔, 情绪性面孔可能是高兴或者愤怒, 此时, 要求被试搜索四个面孔中唯一不同的面孔是高兴还是愤怒, 愤怒按“1”键, 高兴按“2”键, 按键在被试间平衡, 反应完 1000 ms 后进入下一个试次, 此外, 要求被试在实验过程中不断地重复读出两个给定的随机数字。实验流程见图 2。

3.5. 结果与分析

不同实验条件下的搜索反应时, 结果如表 2。

重复测量方差分析发现, 视觉工作记忆内容有效性的主效应不显著, $F(2,30) = 1.851$, $p > 0.05$ 。面孔搜索的主效应显著 $F(1,15) = 48.788$, $p < 0.001$ 。工作记忆内容的有效性和面孔搜索的交互效应不显著 $F(2,30) = 1.410$, $p > 0.05$ 。该实验结果说明当被试只是注意某个刺激, 并不能引导对匹配刺激的注意选择。排除了熟悉性对工作记忆效应的干扰。

4. 讨论

在本实验中, 工作记忆内容是颜色, 而搜索刺激是面孔, 即使告诉被试颜色和任务无关, 仍发现了与工作记忆匹配的颜色特征对目标面孔的干扰: 无论是高兴面孔的搜索还是愤怒面孔的搜索, 当工作记忆内容与分心面孔的特征匹配时, 都显著的降低了搜索效率。此结果与我们的假设相符, 也和 Kumar 等人的研究一致。Kumar 等人的研究结果发现即使工作记忆内容与搜索任务无关, 甚至会有损视觉搜索任务, 对刺激的注意选择仍然受到刺激与工作记忆内容匹配的

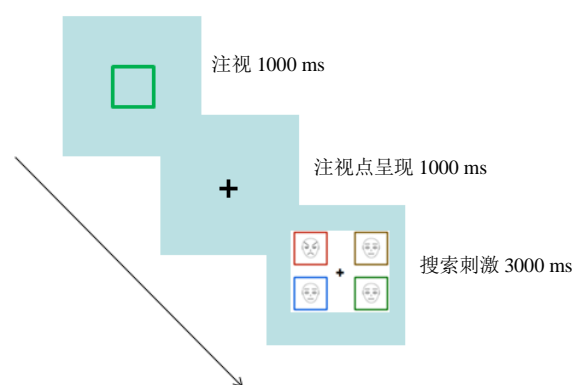


Figure 2. Program figure of experiment two
图 2. 实验二流程图

Table 2. Search RTs of different matches ($M \pm SD$)
表 2. 不同匹配条件下搜索反应时比较 ($M \pm SD$)

	高兴面孔		愤怒面孔	
	M(ms)	SD	M(ms)	SD
有效条件	1040	130	933	92
中性条件	1010	116	936	132
无效条件	1242	122	937	137

调节(Kumar, Soto & Humphreys, 2009; Soto, Humphreys & Heinke, 2006)。然而, 也有研究认为只有当工作记忆内容和搜索目标匹配时, 才能发现工作记忆内容的引导效应, 而当工作记忆内容和分心物匹配时, 并不影响目标的搜索效率(Downing & Dodds, 2004; Gil-Gómez de Liaño, Botella & Pascual-Ezama, 2011)。研究得出不同结果可能是因为实验设置的不同, kumar 等人的研究以及本研究中, 工作记忆刺激只有一个, 而 Downing 等人的研究中, 工作记忆项目多于两个, 当工作记忆负荷过高时, 为了又快又准的完成任务, 被试可能会把更有限的注意资源分配在需要搜索的目标刺激上, 因此他们并没有发现和工作记忆内容匹配的分心物对注意的捕获效应。而当工作记忆刺激只有一个时, 注意资源比较充分, 个体的注意就更可能被与工作记忆内容匹配的分心刺激所吸引, 这也说明工作记忆内容对注意的引导可能需要一定的注意资源才能起作用。

工作记忆内容和搜索目标相匹配, 会提高对目标的搜索效率(Hollingworth & Luck, 2009; Pan, Cheng, & Luo, 2012; Soto, Heinke, Humphreys & Blanco, 2005)。本实验中, 对愤怒面孔进行搜索时, 当愤怒面孔外围的方框颜色和工作记忆颜色匹配时, 虽然搜索反应时有加快的趋势, 但是降低的幅度并不显著。这与我们的假设并不一致, 我们推测可能是因为对愤怒面孔的搜索反应时本身就较快, 具有强烈的加工优势, 天花板效应使得匹配条件下的促进效应并不明显。对高兴面孔进行搜索时, 当高兴面孔外围的方框颜色和工作记忆颜色匹配时, 大大的加快了其搜索效率。以上所观察到的对注意选择的引导效应只出现在工作记忆条件下, 而单纯的注意某个刺激并没有出现这种效应。

工作记忆内容对注意选择的引导效应是如何发生的呢? “知觉加工增强”的观点认为: 工作记忆内容影响早期的知觉加工过程, 视觉搜索中与工作记忆内容匹配的刺激具有知觉加工优势, 更容易争取到有限的知觉加工资源, 因此当搜索目标出现和工作记忆内容匹配的特征时, 对其反应会更快, 而搜索集中的分心物的特征和工作记忆内容匹配时, 对该分心物的知觉敏感性增加, 就会干扰对目标的搜索(Carrasco, Ling, & Read, 2004)。“确定性降低”的观点认为, 当

视觉搜索目标很难辨认时, 被试会通过优先注意和工作记忆内容匹配的刺激, 以降低目标位置的不确定性(Cosman & Vecera, 2011)。在本实验中, 要求记忆的颜色和面孔搜索任务无关, 因此很可能是由于工作记忆的颜色增强了与之匹配刺激的知觉加工, 当工作记忆中的方框颜色再次出现在视野中时, 知觉加工资源会自动的偏向该刺激特征, 从而引导了情绪面孔的注意加工。

本研究说明不仅简单感觉刺激的搜索受工作记忆内容的引导, 复杂的刺激如情绪面孔的注意加工也受到工作记忆内容的引导, 而且对本身就具有加工优势的愤怒面孔的搜索也受到了工作记忆内容的调节, 本研究不仅扩大了偏向竞争理论模型的适用范围, 也为改变焦虑被试不良注意偏向模式的应用研究提供了理论基础。

本研究只是初步验证了对情绪面孔的注意偏向受工作记忆内容的调节, 随后可以采用更为精确的ERP技术来研究工作记忆内容对情绪面孔搜索的调节发生作用的阶段及调节程度。理论的研究是为了更好的服务实践, 有研究发现特质焦虑个体对愤怒面孔表现出更强的注意偏向, 而且这种偏向受特质焦虑水平的调节, 高焦虑被试对愤怒面孔有更快的加工(Ashwin et al., 2012; Eldar, Yankelevitch, Lamy & Bar-Haim, 2010), 因此, 对情绪面孔注意偏向的研究具有重要的临床意义。既然本研究已证明工作记忆内容能够改变对情绪面孔的注意偏向, 随后我们可以操纵视觉工作记忆内容和不同情绪面孔匹配的概率, 尝试调节被试对不同情绪面孔的注意加工, 有可能改善焦虑被试不良的注意偏向模式, 调节其焦虑水平。

5. 结论

本研究得出以下结论: 视觉工作记忆内容能够引导情绪面孔的搜索。不同工作记忆内容条件下对情绪面孔搜索的反应时存在显著差异, 无效信息条件下对高兴面孔和愤怒面孔的搜索反应时都显著慢于有效信息条件下的搜索反应时。

致谢

非常感谢杨东教授对我科研的指导, 感谢徐梦思、刁留亭等同门以及师弟师妹给予我科研的帮助!

项目基金

11XJC190003, 网络成瘾大学生的自我疏离感、网络疏离感与自尊关系模型及其脑机制研究, 教育部人文社会科学研究一般项目; SWU1209317, 金钱启动对暴力抢劫犯攻击性和冒险倾向的认知神经机制, 中央高校基本科研业务费专项资金重点项目。

参考文献 (References)

- 张豹, 金志成, 陈彩琦(2008). 视觉工作记忆对前注意阶段注意方向的调节. *心理学报*, 5期, 552-561.
- Anderson, D. E., Vogel, E. K., & Awh, E. (2013). A common discrete resource for visual working memory and visual search. *Psychological Science*, 24, 929-938.
- Ashwin, C., Holas, P., Broadhurst, S., Kokoszka, A., Georgiou, G. A., & Fox, E. (2012). Enhanced anger superiority effect in generalized anxiety disorder and panic disorder. *Journal of Anxiety Disorders*, 26, 329-336.
- Carlisle, N. B., & Woodman, G. F. (2011). Automatic and strategic effects in the guidance of attention by working memory representations. *Acta Psychologica*, 137, 217-225.
- Carrasco, M., Ling, S., & Read, S. (2004). Attention alters appearance. *Nature Neuroscience*, 7, 308-313.
- Chen, Z., & Tsou, B. H. (2011). Task-based working memory guidance of visual attention. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 73, 1082-1095.
- Cosman, J. D., & Vecera, S. P. (2011). The contents of visual working memory reduce uncertainty during visual search. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 73, 996-1002.
- Desimone, R., & Duncan, J. (1995). Neural mechanisms of selective visual attention. *Annual Review of Neuroscience*, 18, 193-222.
- Downing, P., & Dodds, C. (2004). Competition in visual working memory for control of search. *Visual Cognition*, 11, 689-703.
- Downing, P. E. (2000). Interactions between visual working memory and selective attention. *Psychological Science*, 11, 467-473.
- Eldar, S., Yankelevitch, R., Lamy, D., & Bar-Haim, Y. (2010). Enhanced neural reactivity and selective attention to threat in anxiety. *Biological Psychology*, 85, 252-257.
- Gil-Gómez de Liaño, B., Botella, J., & Pascual-Ezama, D. (2011). The types of stimuli loaded in memory can modulate its effects on visual search. *Journal of Cognitive Psychology*, 23, 531-542.
- Hollingworth, A., & Luck, S. J. (2009). The role of visual working memory (VWM) in the control of gaze during visual search. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 71, 936-949.
- Horstmann, G. (2007). Preattentive face processing: What do visual search experiments with schematic faces tell us? *Visual Cognition*, 15, 799-833.
- Houtkamp, R., & Roelfsema, P. R. (2006). The effect of items in working memory on the deployment of attention and the eyes during visual search. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 32, 423-442.
- Kumar, S., Soto, D., & Humphreys, G. W. (2009). Electrophysiological evidence for attentional guidance by the contents of working memory. [Research Support, Non-U.S. Gov't]. *European Journal of Neuroscience*, 30, 307-317.
- Olivers, C. N., Meijer, F., & Theeuwes, J. (2006). Feature-based memory-driven attentional capture: Visual working memory content affects visual attention. [Research Support, Non-U.S. Gov't]. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 32, 1243-1265.
- Pan, Y., & Luo, Q. Y. (2012). Working memory modulates the perception of time. [Research Support, Non-U.S. Gov't]. *Psychonomic Bulletin & Review*, 19, 46-51.
- Poole, B. J., & Kane, M. J. (2009). Working-memory capacity predicts the executive control of visual search among distractors: The influences of sustained and selective attention. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 62, 1430-1454.
- Soto, D., Heinke, D., Humphreys, G. W., & Blanco, M. J. (2005). Early, involuntary top-down guidance of attention from working memory. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 31, 248-261.
- Soto, D., Hodsoll, J., Rotshtein, P., & Humphreys, G. W. (2008). Automatic guidance of attention from working memory. *Trends in Cognitive Sciences*, 12, 342-348.
- Soto, D., Humphreys, G. W., & Heinke, D. (2006). Working memory can guide pop-out search. [Research Support, Non-U.S. Gov't]. *Vision Research*, 46, 1010-1018.
- Soto, D., Wriglesworth, A., Bahrami-Balani, A., & Humphreys, G. W. (2010). Working memory enhances visual perception: Evidence from signal detection analysis. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 36, 441-456.
- Woodman, G. F., & Luck, S. J. (2007). Do the contents of visual working memory automatically influence attentional selection during visual search? *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 33, 363-377.