

从关注到抑制：N2pc与Pd揭示的注意动态过程

洪 玥

苏州大学教育学院，江苏 苏州

收稿日期：2025年4月17日；录用日期：2025年5月19日；发布日期：2025年5月31日

摘 要

视觉注意系统通过动态调节机制实现对目标信息的增强与对干扰信息的抑制。事件相关电位(ERP)成分中的N2pc和Pd分别被认为反映了注意选择与注意抑制的神经过程。本文系统回顾了N2pc与Pd成分的时序特征、脑区分布、功能机制及其任务依赖性，梳理了其在视觉搜索、显著性驱动和工作记忆抑制中的应用证据。进一步对两者在注意系统中的交互关系进行综合分析，提出了“双机制模型”，强调N2pc与Pd作为注意调控系统中相辅相成的成分，共同构建了目标选择与干扰抑制的神经基础。最后，文章讨论了当前研究中的理论争议、方法局限以及未来在多模态整合、个体差异研究和临床应用等方面的发展方向。本文旨在为理解视觉注意的神经机制提供系统性综述与理论整合框架。

关键词

N2pc, Pd, 事件相关电位, 视觉注意, 注意抑制, 目标选择

From Selection to Suppression: The Dynamic Processes of Attention Revealed by N2pc and Pd

Yue Hong

Department of Education, Soochow University, Suzhou Jiangsu

Received: Apr. 17th, 2025; accepted: May 19th, 2025; published: May 31st, 2025

Abstract

The visual attention system dynamically regulates the enhancement of task-relevant information and the suppression of distracting stimuli. Within the framework of event-related potentials (ERPs), the N2pc and Pd components have been identified as neural markers of attentional selection and attentional suppression, respectively. This review provides a comprehensive overview of the temporal

characteristics, spatial distribution, functional mechanisms, and task dependency of N2pc and Pd. We summarize key findings from visual search paradigms, saliency-driven capture studies, and working memory-guided attention tasks. A dual-mechanism model is proposed to conceptualize how N2pc and Pd work in concert to support efficient attentional control, with N2pc reflecting target selection and Pd reflecting the active suppression of distractors. We also discuss current theoretical debates, methodological challenges, and future research directions, including multimodal integration, individual differences, and clinical applications. This review aims to advance the understanding of the neurocognitive basis of visual attention by integrating evidence from electrophysiological studies of selection and suppression.

Keywords

N2pc, Pd, Event-Related Potentials, Visual Attention, Attentional Suppression, Target Selection

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

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



Open Access

1. 引言

在人类复杂的感知环境中，如何从众多竞争性信息中快速、准确地选择目标，同时抑制干扰项，是认知神经科学关注的核心问题之一。注意力系统在此过程中扮演了关键角色，而事件相关电位(event-related potentials, ERP)因其出色的时间分辨率，成为揭示注意动态机制的重要技术手段。

在众多与视觉注意相关的 ERP 成分中，N2pc (N2-posterior-contralateral)与 Pd (distractor positivity)是目前研究最为系统和深入的两个成分。N2pc 最早由 Luck 与 Hillyard (1994)以及 Eimer (1996)提出，被广泛认为是空间注意指向潜在目标刺激的电生理指标。与之相对，Pd 成分则较晚被发现，代表对显著但无关干扰项的主动抑制过程(Hickey et al., 2009; Sawaki & Luck, 2010)，近年来逐渐成为研究注意力控制的核心指标之一。从理论角度看，N2pc 和 Pd 分别反映了注意系统中的“选择”与“抑制”机制，两者既相互独立又密切互动，构成了注意调控过程中的双重机制(dual-mechanism)。本文将围绕这两个成分的功能特性、实验范式、神经基础及其关系进行系统综述，旨在为理解视觉注意调控的动态过程提供整合性框架，并探讨其在个体差异研究及未来应用中的潜力。

2. N2pc 成分：目标选择的电生理指征

N2pc (N2-posterior-contralateral)是一个广泛用于探讨空间选择性注意的 ERP 成分，通常出现在目标刺激呈现后的 200~300 毫秒之间，表现为电极对侧枕 - 顶区的负向波形增强(Luck & Hillyard, 1994; Eimer, 1996)。该成分因其对注意力定向至视觉场中特定目标的敏感性，而被视为视觉选择过程中最具代表性的神经指标之一(Cosman et al., 2018)。

N2pc 主要记录于后部电极(如 PO7/PO8)，且具有对侧优势特征：当注意指向一侧目标时，目标对侧电极会出现更显著的负向波动。其名称“N2pc”即来源于此空间特性(posterior contralateral)。它通常出现在刺激呈现后的 250~350 ms 之间，是出现在目标刺激对侧后头皮区域的负向波动，空间定位为枕 - 顶叶区域，具有对侧优势。它在目标出现在左或右侧视觉场中，且需要空间定位的时候被触发。该成分通常在以下两种情况下出现最为稳定：1) 目标位置在视觉场左右非对称分布；2) 目标需要被明确地识别或报告。

2.1. 功能解释：注意的目标定向

N2pc 成分被广泛解释为注意力定向至目标项的神经指标。在典型视觉搜索任务中(例如寻找红色圆圈或特定字母),目标出现的位置会引发对侧 N2pc,反映注意从全局视觉输入中筛选出目标信息。这一解释在 Eimer(1996)的研究中得到进一步支持。他通过左右对称分布的干扰项设计发现,只有当目标出现在一侧且被注意到时,才出现 N2pc,说明该成分与注意力资源的定向分配密切相关,而非仅反映感知层级的差异。此外,N2pc 也被发现与目标的特征匹配程度有关。当目标特征与观者的“注意模板”一致时(例如颜色或形状),N2pc 的幅度会显著增强(Kiss et al., 2008)。这表明 N2pc 也反映了注意模板驱动的目标选择过程。

尽管 N2pc 常被视为反映目标定向的指标,但在某些情况下也可能出现在显著性干扰项上。例如 Hickey 等(2006)发现,无关但高度显著的干扰项也可诱发 N2pc,这提出了 N2pc 是否仅代表目标选择而非注意捕获的争议。后续研究(Hickey et al., 2009)通过联合记录 Pd 成分,发现 N2pc 有时反映的是初步注意捕获,而非最终选择。因而,N2pc 的功能解释需结合上下文和实验任务条件进行审慎界定。

2.2. N2pc 与个体差异

大量证据表明个体认知能力,尤其是工作记忆容量(WMC),与 N2pc 的特征密切相关。研究发现,高工作记忆容量的个体在视觉搜索任务中表现出更强、启动更快的 N2pc 成分,反映了其更高效的目标选择与注意资源分配(Gaspar & McDonald, 2018)。相反,低容量个体在干扰丰富环境中,N2pc 幅度降低,且更容易出现注意偏移错误。此外,注意控制能力个体差异也成为 N2pc 研究的重要方向。近几年 N2pc 相关研究清晰地指出,N2pc 不仅是感知-注意加工的时间窗指标,同时也是反映个体认知特质和状态差异的神经生物标志。未来,进一步整合多种认知变量,采用大样本、多任务、多指标的方法,将有助于深化对 N2pc 个体差异机制的理解,并拓展其在认知诊断与干预领域的应用潜力。

3. Pd 成分：注意抑制的神经标记

与 N2pc 代表的注意增强机制相对应,Pd (distractor positivity)被广泛认为是视觉系统中主动抑制无关干扰项的事件相关电位成分。Pd 通常出现在刺激呈现后的 250~350 ms 之间,位于目标对侧的枕-顶区域,表现为正向波动,其空间分布与 N2pc 相似但极性相反(Hickey et al., 2009; Sawaki & Luck, 2010)。Pd 的提出与发展极大推动了人们对注意系统双机制理论的理解,使得对注意资源如何分配与保护有了更为完整的神经层面解释。Pd 最早由 Hickey 等(2009)系统性提出,在具有显著干扰项的视觉搜索任务中发现,尽管某些干扰项非常显著(如颜色突变),却并不引发 N2pc,而是在其对侧电极产生显著的正向波动,反映对该干扰项的抑制过程。

Pd 的时间窗与 N2pc 接近甚至略晚,常常在 N2pc 之后或与其共存。Pd 的出现通常意味着注意系统已经识别干扰项,并对其施加了主动抑制。

3.1. Pd 的功能解释：从被动抑制到主动调控

早期研究争议 Pd 是否只是显著项未能引起 N2pc 的“残差信号”,而非真正抑制指标。Sawaki & Luck (2010)通过系统实验对这一点做出了澄清,提出 Pd 是对“attend-to-me signal”的主动抑制响应,代表注意系统对显著性驱动的自动注意捕获进行“压制”的神经机制。

进一步研究(Gaspar & McDonald, 2014; Gaspar et al., 2016; Gaspelin & Luck, 2018; Liesefeld et al., 2017, 2018, 2019, 2020, 2021, 2022)发现: Pd 与行为抗干扰表现相关联,与注意捕获相反(互斥),并且可出现在目标属性相似的“目标”干扰项上(Sawaki & Luck, 2011)。这些结果支持 Pd 是主动的、任务驱动的注意

抑制指标，而非感知惰性或竞争失败的副产物。

Sawaki & Luck (2011)研究发现，当干扰项的特征与工作记忆中的目标模板高度匹配时，仍然可以引发 Pd，而非 N2pc。这意味着 Pd 不仅可以作用于与目标不同的无关项，也可以抑制潜在与目标相似但非目标项，进一步支持 Pd 属于高层控制下的主动抑制机制。这一发现提示，注意抑制不仅作用于感知层面，还受到任务设置、记忆匹配等高级因素调控。

Gaspelin 等人(2023a)综合大量实证研究，明确指出 Pd 成分代表了针对干扰刺激的主动抑制过程，而非注意失败或消退现象，为理解注意抑制提供了坚实的神经生理证据。多项实验探讨了分心物正波(PD)成分与注意抑制的关系。研究发现，在视觉搜索任务中，显著分心物会引发 PD 成分，表明其被主动抑制以防止注意转移，且 PD 幅度与快速反应、较短呈现时间相关。此外，结合单神经元记录和眼动追踪的研究进一步证实了 PD 与抑制过程的关联，如额叶眼区神经元对显著分心物反应减弱，PD 幅度与眼动偏离程度正相关。搜索策略也影响 PD 成分的出现：特征搜索模式下分心物更易引发 PD，而单例检测模式则多出现 N2pc 成分。最后，选择历史对 PD 亦有影响，统计学习可使 PD 提前出现，部分任务中还可降低 PD 的晚期幅度，说明抑制机制可被经验调节。

3.2. Pd 与个体差异

Gaspar & McDonald (2014)和 Gaspelin & Luck (2018)进一步将 Pd 与个体差异相结合，发现 Pd 幅度越大的个体，在任务中受到干扰的程度越低。尤其是在联合使用探针检测任务与 ERP 记录时，Pd 与探针命中率高度相关，为其行为效度提供了有力支持。这使 Pd 成分有望被用于衡量注意力抑制能力，进而用于临床筛查、发展研究或干预方案效果评估。

Liesefeld 等人(2014)发现，被试在记忆任务中会抑制无关干扰项，产生类似 PD 的成分，其潜伏期与 VWM 表现负相关。由此推测，工作记忆容量高的个体，可能更快速地抑制干扰，使得类似 PD 成分潜伏期更短；而容量低的个体抑制干扰能力弱，潜伏期更长。Feldmann-Wüstefeld 和 Vogel (2018)通过脑电记录发现，在工作记忆编码阶段，个体能够主动抑制无关刺激，Pd 幅度大小与过滤成功率及工作记忆容量密切相关。高工作记忆容量个体显示更强 Pd，表明他们更擅长主动抑制无关信息。低容量个体 Pd 较弱，意味着他们过滤不良，容易将无关项目编码进工作记忆。这一发现表明，Pd 不仅在视觉搜索中反映干扰抑制，也在工作记忆系统内早期选择过程中发挥关键调控作用。

Gaspar 和 McDonald (2018)研究发现，高焦虑个体在抑制显著分心物时存在困难。高焦虑个体表现为初始出现 N2pc 成分，随后出现 Pd 成分；而低焦虑个体仅出现 Pd 成分，这表明高焦虑组难以预先抑制显著分心物以防止分心。另外，Kappenman 等人(2021)研究表明，高焦虑个体在初始分心后，对分心物的抑制可能增强，表现为在初始 N2pc 之后，高焦虑个体比低焦虑个体有更大的“晚期”Pd 成分，这一机制可能帮助高焦虑个体在初始分心后避免威胁性刺激。

4. N2pc 与 Pd 的整合与对比分析

随着对注意系统电生理机制研究的不断深化，N2pc 和 Pd 成分被认为分别代表了注意增强与注意抑制两种核心机制。它们在时间上相邻，在空间上相近，在功能上互补，构成了视觉选择中动态调控的“双轨模型”。

4.1. 时空对比

N2pc 通常出现在目标出现后的 200~300 ms，而 Pd 稍晚一些，约在 250~350 ms 范围内。初步的研究(如 Hickey et al., 2009)提出“先选择目标(N2pc)，再抑制干扰项(Pd)”的处理顺序。然而，更多后续证据

表明,这一过程在实际中可能同时发生,尤其在竞争性高的视觉场景中。

序列假说(Serial hypothesis)认为注意系统首先识别目标,引发 N2pc,随后识别并抑制干扰项,引发 Pd。并行假说(Parallel hypothesis)认为 N2pc 与 Pd 可在不同位置同时出现,反映并行注意调控系统对多个空间位置的同步处理。例如,在 Sawaki & Luck (2010)设计的显著干扰项任务中,被试并未将注意资源分配给干扰项(无 N2pc),但干扰项位置却诱发了强烈的 Pd。这种“无选择-有抑制”的结果,支持注意调控系统具备并行压制机制。

N2pc 与 Pd 都主要出现在对侧后部电极(如 PO7/PO8),但二者的极性正好相反: N2pc 表现为对侧负向波,主要分布在枕-顶叶区域,起源于背侧视觉通路,通常被认为反映了对目标刺激的注意选择过程。而 Pd 则为对侧正向波,同样主要分布在枕-顶叶区域,其产生涉及视觉-注意网络,指示了对干扰刺激的主动抑制机制。这种“镜像分布”提示两者可能来源于类似的神经结构但执行不同功能。例如, Pd 的正向波形可能源自相同区域的兴奋性抑制神经元活动,与 N2pc 的兴奋性增强相对。

4.2. 功能机制：选择与抑制的协同作用

从功能角度看, N2pc 反映注意资源指向目标的过程,是注意增强的电生理表现。而 Pd 则反映对无关信息的主动压制,防止注意资源被无效使用。这构成了注意调控的“双机制模型(Dual Mechanism Model)”:首先是增强机制(Enhancement),通过 N2pc 实现,提升目标表征优先级,第二是抑制机制(Suppression),通过 Pd 实现,降低干扰项影响力。这种机制的协调不仅体现在电生理数据中,也可从行为表现中观察。例如, Pd 较强个体往往在任务中抗干扰能力较强、反应更快、更准确(Gaspar & McDonald, 2014; van Moorselaar et al., 2021; Wang et al., 2019)。

N2pc 与 Pd 的出现均受到任务需求与上下文的强烈调节。例如,在自由观看或无任务设计中,显著项更容易诱发 N2pc;而在任务明确、目标清晰的条件下,干扰项更可能被抑制,引发 Pd。此外,两者的出现也受到注意模板、学习经验、工作记忆负荷等因素的共同影响。例如:目标模板匹配增强 N2pc,无关显著项增强 Pd,而任务重复学习提高 Pd 幅度, N2pc 减弱(表示注意调控效率提升)。

4.3. N2pc 与 Pd 在多项任务中的协同模式

在复杂的视觉搜索任务中, N2pc 与 Pd 可以在不同空间位置上同时出现:目标位置引发 N2pc,而干扰位置则诱发 Pd。这种“空间分布协同”现象进一步表明, N2pc 与 Pd 是并行运行、互不干扰但又互为补充的注意调控机制。Hickey 等(2009)发现,当目标呈现在左侧时,左侧电极记录到明显的 N2pc,而同时右侧干扰项则在右侧电极引发 Pd。Gaspelin 与 Luck (2018)则指出,在同时出现 N2pc 与 Pd 的试次中,被试表现出最佳的行为绩效,提示目标选择与干扰抑制的协同作用对于优化注意资源分配具有重要意义。

4.4. 常用实验范式及其特点与局限

N2pc 与 Pd 成分的研究广泛应用了多种视觉注意实验范式,每种范式具有不同的优缺点和适用范围。最常见的是视觉搜索任务(Visual Search Task),被试需要在一组刺激中寻找目标项。该范式能有效诱发 N2pc,用以反映目标导向的空间注意分配(Luck & Hillyard, 1994)。优点在于高度模拟自然情境下的视觉搜索,但也可能引入策略性搜索过程的混杂影响。另一常用范式是单一颜色任务(Color Singleton Paradigm),即在一组同质刺激中加入一个颜色独特的项目,考察注意的自动捕获与抑制机制(Hickey, McDonald, & Theeuwes, 2006)。此任务可同时诱发 N2pc(对目标的定向)与 Pd(对干扰项的抑制)。尽管该范式操作简单、重复性良好,但刺激设置(如颜色对比度、项目密度)对 ERP 成分幅度有较大影响(Gaspelin & Luck, 2018)。此外,线索-目标范式(Cue-Target Paradigm)也被广泛应用,其中预先呈现提示性线索,随后出现目标刺激,研究者据此考察注意的启动与转移(Eimer, 1996)。该范式优势在于能够独立操控注意定向的自上而下

与自下而上成分,但也受到线索效度设置的制约。不同实验范式对 N2pc 和 Pd 的诱发效果有所差异,研究设计需根据具体科学问题合理选用。

4.5. N2pc 和 Pd 的数据分析方法

N2pc 与 Pd 的分析通常基于事件相关电位(ERP)数据,特别强调对左右半球对称电极(如 PO7/PO8 或 P7/P8)信号的差异波提取。标准的数据处理流程包括以下步骤:首先,进行伪迹剔除、滤波(通常 0.1~30 Hz)和基线校正(如刺激前-200 至 0 ms)以净化信号(Luck, 2014)。其次,根据刺激呈现侧别(左/右)对试次分类,分别提取对侧(contralateral)与同侧(ipsilateral)电极的平均电位,并计算二者的差异波。在统计分析方面,传统方法包括在预设时间窗内对差异波幅值进行配对样本 t 检验或方差分析(ANOVA)。近年来,也有研究采用单试次分析(single-trial analysis; Fahrenfort et al., 2017)或基于回归的 ERP 分析(regression-based ERP analysis; Smith & Kutas, 2015)以提高对微弱效应的检测灵敏度,并减少因时间窗选择造成的偏倚。N2pc 和 Pd 的时程、幅度均受到实验参数(如项目数目、刺激对比度)和被试策略变化的影响,因此数据解释时需谨慎控制潜在混杂变量。

5. 研究挑战与未来展望

随着研究的深入,N2pc 与 Pd 不仅在传统的视觉搜索任务中被广泛应用,还逐渐拓展至更复杂的认知功能领域,尤其是视觉工作记忆过滤与干扰控制。然而,当前关于 N2pc 与 Pd 动态关系的理解仍存在若干挑战。首先,序列假说与并行假说对于 N2pc 与 Pd 的时间顺序及交互机制尚无统一结论(Hickey et al., 2009)。同时,Pd 作为抑制指标在不同任务(如搜索、记忆、更新)之间的一致性、稳定性及其跨任务预测力仍有待进一步系统验证。

未来研究可以从以下几个方向拓展:一是结合个体差异方法,探讨 N2pc 与 Pd 在不同认知能力群体中的动态特征;二是采用多任务范式,检验 Pd 是否作为跨任务通用的抑制指标;三是引入高时间分辨率技术(如 MEG)或多源分析方法(如源定位),精细描绘 N2pc 与 Pd 的神经起源及网络交互机制。通过这些努力,有望进一步厘清注意力选择与抑制的动态关系,推动对注意系统本质的理解(Gaspelin et al., 2023b; Liesefeld & Müller, 2023)。

参考文献

- Cosman, J. D., Lowe, K. A., Zinke, W., Woodman, G. F., & Schall, J. D. (2018). Prefrontal Control of Visual Distraction. *Current Biology*, 28, 414-420.e3. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2017.12.023>
- Eimer, M. (1996). The N2pc Component as an Indicator of Attentional Selectivity. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 99, 225-234. [https://doi.org/10.1016/s0921-884x\(96\)95711-2](https://doi.org/10.1016/s0921-884x(96)95711-2)
- Fahrenfort, J. J., Grubert, A., Olivers, C. N. L., & Eimer, M. (2017). Multivariate EEG Analyses Support High-Resolution Tracking of Feature-Based Attentional Selection. *Scientific Reports*, 7, Article No. 1886. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-01911-0>
- Feldmann-Wüstefeld, T., & Vogel, E. K. (2018). Neural Evidence for the Contribution of Active Suppression during Working Memory Filtering. *Cerebral Cortex*, 29, 529-543. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhx336>
- Gaspar, J. M., & McDonald, J. J. (2014). Suppression of Salient Objects Prevents Distraction in Visual Search. *The Journal of Neuroscience*, 34, 5658-5666. <https://doi.org/10.1523/jneurosci.4161-13.2014>
- Gaspar, J. M., & McDonald, J. J. (2018). High Level of Trait Anxiety Leads to Salience-Driven Distraction and Compensation. *Psychological Science*, 29, 2020-2030. <https://doi.org/10.1177/0956797618807166>
- Gaspar, J. M., Christie, G. J., Prime, D. J., Jolicœur, P., & McDonald, J. J. (2016). Inability to Suppress Salient Distractors Predicts Low Visual Working Memory Capacity. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 113, 3693-3698. <https://doi.org/10.1073/pnas.1523471113>
- Gaspelin, N., & Luck, S. J. (2018). Distinguishing among Potential Mechanisms of Singleton Suppression. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 44, 626-644. <https://doi.org/10.1037/xhp0000484>

- Gaspelin, N., Egeth, H. E., & Luck, S. J. (2023a). A Critique of the Attentional Window Account of Capture Failures. *Journal of Cognition*, 6, 39. <https://doi.org/10.5334/joc.270>
- Gaspelin, N., Lamy, D., Egeth, H. E., Liesefeld, H. R., Kerzel, D., Mandal, A. et al. (2023b). The Distractor Positivity Component and the Inhibition of Distracting Stimuli. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 35, 1693-1715. https://doi.org/10.1162/jocn_a.02051
- Hickey, C., Di Lollo, V., & McDonald, J. J. (2009). Electrophysiological Indices of Target and Distractor Processing in Visual Search. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 21, 760-775. <https://doi.org/10.1162/jocn.2009.21039>
- Hickey, C., McDonald, J. J., & Theeuwes, J. (2006). Electrophysiological Evidence of the Capture of Visual Attention. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 18, 604-613. <https://doi.org/10.1162/jocn.2006.18.4.604>
- Kappenman, E. S., Farrens, J. L., Zhang, W., Stewart, A. X., & Luck, S. J. (2021). ERP CORE: An Open Resource for Human Event-Related Potential Research. *NeuroImage*, 225, Article ID: 117465. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2020.117465>
- Kiss, M., Van Velzen, J., & Eimer, M. (2008). The N2pc Component and Its Links to Attention Shifts and Spatially Selective Visual Processing. *Psychophysiology*, 45, 240-249. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.2007.00611.x>
- Liesefeld, A. M., Liesefeld, H. R., & Zimmer, H. D. (2014). Intercommunication between Prefrontal and Posterior Brain Regions for Protecting Visual Working Memory from Distractor Interference. *Psychological Science*, 25, 325-333. <https://doi.org/10.1177/0956797613501170>
- Liesefeld, H. R., & Müller, H. J. (2023). Target Salience and Search Modes: A Commentary on Theeuwes (2023). *Journal of Cognition*, 6, 38. <https://doi.org/10.5334/joc.279>
- Liesefeld, H. R., Liesefeld, A. M., & Müller, H. J. (2019). Distractor-Interference Reduction Is Dimensionally Constrained. *Visual Cognition*, 27, 247-259. <https://doi.org/10.1080/13506285.2018.1561568>
- Liesefeld, H. R., Liesefeld, A. M., & Müller, H. J. (2021). Attentional Capture: An Ameliorable Side-Effect of Searching for Salient Targets. *Visual Cognition*, 29, 600-603. <https://doi.org/10.1080/13506285.2021.1925798>
- Liesefeld, H. R., Liesefeld, A. M., & Müller, H. J. (2022). Preparatory Control against Distraction Is Not Feature-Based. *Cerebral Cortex*, 32, 2398-2411. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhab341>
- Liesefeld, H. R., Liesefeld, A. M., Pollmann, S., & Müller, H. J. (2018). Biasing Allocations of Attention via Selective Weighting of Saliency Signals: Behavioral and Neuroimaging Evidence for the Dimension-Weighting Account. In T. Hodgson (Ed.), *Processes of Visuospatial Attention and Working Memory* (pp. 87-113). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/7854_2018_75
- Liesefeld, H. R., Liesefeld, A. M., Sauseng, P., Jacob, S. N., & Müller, H. J. (2020). How Visual Working Memory Handles Distraction: Cognitive Mechanisms and Electrophysiological Correlates. *Visual Cognition*, 28, 372-387. <https://doi.org/10.1080/13506285.2020.1773594>
- Liesefeld, H. R., Liesefeld, A. M., Töllner, T., & Müller, H. J. (2017). Attentional Capture in Visual Search: Capture and Post-Capture Dynamics Revealed by EEG. *NeuroImage*, 156, 166-173. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2017.05.016>
- Luck, S. J. (2014). *An Introduction to the Event-Related Potential Technique* (2nd ed.). MIT Press.
- Luck, S. J., & Hillyard, S. A. (1994). Electrophysiological Correlates of Feature Analysis during Visual Search. *Psychophysiology*, 31, 291-308. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.1994.tb02218.x>
- Sawaki, R., & Luck, S. J. (2010). Capture versus Suppression of Attention by Salient Singletons: Electrophysiological Evidence for an Automatic Attend-To-Me Signal. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 72, 1455-1470. <https://doi.org/10.3758/app.72.6.1455>
- Sawaki, R., & Luck, S. J. (2011). Active Suppression of Distractors That Match the Contents of Visual Working Memory. *Visual Cognition*, 19, 956-972. <https://doi.org/10.1080/13506285.2011.603709>
- Smith, N. J., & Kutas, M. (2015). Regression-Based Estimation of ERP Waveforms: I. the RERP Framework. *Psychophysiology*, 52, 157-168. <https://doi.org/10.1111/psyp.12317>
- van Moorselaar, D., Daneshmand, N., & Slagter, H. A. (2021). Neural Mechanisms Underlying Distractor Inhibition on the Basis of Feature and/or Spatial Expectations. *Cortex*, 137, 232-250.
- Wang, B., van Driel, J., Ort, E., & Theeuwes, J. (2019). Anticipatory Distractor Suppression Elicited by Statistical Regularities in Visual Search. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 31, 1535-1548.