

视觉工作记忆与注意力：从理论到神经机制

狄靖雯, 李 杰*

内蒙古师范大学心理学院, 内蒙古 呼和浩特

收稿日期: 2025年2月25日; 录用日期: 2025年3月24日; 发布日期: 2025年4月1日

摘 要

本文探讨了视觉工作记忆(VWM)与注意力的关系、理论基础、神经机制及未来研究方向。VWM是短暂存储视觉信息的系统, 容量有限且具灵活性。注意力帮助选择和过滤信息, 与VWM互相作用。经典理论关注存储结构和容量限制, 现代理论强调动态过程和神经机制。神经研究表明, PFC和PPC在VWM和注意力中功能不同, 小脑也参与视觉空间认知。未来研究将开发多模态同步记录平台, 设计生态化实验范式, 建立现实场景注意力分配预测模型。

关键词

视觉工作记忆, 注意力, 神经机制, 认知控制

Visual Working Memory and Attention: From Theory to Neural Mechanisms

Jingwen Di, Jie Li*

School of Psychology, Inner Mongolia Normal University, Hohhot Inner Mongolia

Received: Feb. 25th, 2025; accepted: Mar. 24th, 2025; published: Apr. 1st, 2025

Abstract

This paper investigates the relationship between visual working memory (VWM) and attention, theoretical foundations, neural mechanisms, and future research directions. VWM, a system for transient storage of visual information, is characterized by limited capacity and functional flexibility. Attention facilitates the selection and filtering of information, interacting bidirectionally with VWM. Classical theories primarily focus on static storage structures and capacity constraints, whereas modern theories emphasize dynamic resource allocation processes and the integration of neural mechanisms. Neuroimaging studies reveal distinct functional roles of the prefrontal cortex (PFC) and posterior parietal

*通讯作者。

cortex (PPC) in VWM and attentional control, with emerging evidence implicating the cerebellum in visuospatial cognition. Future research should prioritize the development of multimodal synchronous recording platforms, the design of ecologically valid experimental paradigms, and the establishment of predictive models for attentional allocation in real-world scenarios. Future research will develop multimodal synchronous recording platforms, design ecological experimental paradigms, and establish attention-allocation prediction models for real-world scenarios.

Keywords

Visual Working Memory, Attention, Neural Mechanisms, Cognitive Control

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

工作记忆(Working Memory, WM)和注意力是认知心理学中的核心研究领域,在高级认知功能中起着至关重要的作用,如人类的信息处理、决策制定和问题解决等。视觉工作记忆(Visual Working Memory, VWM)是指在短时间内存储和操作视觉信息的能力,它在认知过程中起着关键作用。VWM 可以被视为具有短期保留和操作功能的容量有限的视觉记忆系统(Baddeley & Hitch, 1974)。研究者逐渐认识到, VWM 不仅负责短暂存储视觉信息,还与注意力协同作用于目标筛选、特征整合及行动规划(Olivers & Roelfsema, 2023)。鉴于工作记忆和注意力在认知功能中的重要性,以及近年来研究方法和技术的不断进步,本综述旨在系统梳理和总结相关领域的研究成果。本文深入探讨工作记忆与注意力的关系及其神经机制,为未来的研究提供参考和启示。

2. 视觉工作记忆与注意

2.1. 视觉工作记忆基本特征

视觉工作记忆(Visual Working Memory, VWM)是人类用于短暂存储和操作视觉信息的资源有限系统,其容量通常每次只能同时存储 3 到 4 个项目。能够同时加工视觉目标在不同维度上的多个属性信息,如记忆项目的复杂性、知觉组织原则、长时记忆等。对人类认知活动起着重要的作用(Formica et al., 2024)。VWM, 具有容量有限性和表征灵活性。表征灵活性体现在对特定信息的选择性优先表征,具有与任务相关、价值更高等特征的项目通常能被优先加工在容量有限的 VWM 系统灵活性的表征信息,指导个体在复杂环境中完成各种认知任务的过程中,“注意”扮演着极为重要的角色(Kim & Cho, 2024; Kong & Fournie, 2019)。

2.2. 注意的双重功能

注意作为一种信息选择的“门控”机制(Luck et al., 1996),帮助个体将认知加工聚焦于任务相关信息,同时过滤或抑制无关信息,在视觉信息加工中,对选择和过滤外界信息至关重要,对视知觉加工与 VWM 加工均有重要作用,其作用主要体现为注意选择和注意调节。注意选择能促进对特定项目的知觉选择和工作记忆项目的选择加工,还可过滤无关信息;注意调节能进一步促进对特定项目的 VWM 选择性表征,提高记忆精度和抗干扰能力,且可对 VWM 中的多个项目进行优先选择加工(van der Meulen, 2021)。

2.3. 视觉工作记忆和注意的关系

在注意调节作用下,个体可以对VWM中的多个项目进行优先选择加工(Allen & Ueno, 2018; Hajonides et al., 2020)。研究还发现,注意调节的作用并不限于上述回溯线索引导的注意和基于空间的注意形式,在前线索引导的注意(Liang & Scolari, 2020)或者基于特征的注意(Dube et al., 2017)等作用下,均出现对VWM中的项目表征的选择性促进,表明注意调节是一种稳定的对工作记忆表征的认知控制过程,能够调节VWM中表征项目的编码和保持。VWM可以为注意力提供信息基础,引导注意力的分配。存储在VWM中的信息能够作为模板,帮助个体在复杂环境中快速识别和选择目标刺激,使注意力更高效地指向相关信息(Desimone & Duncan, 1995)。例如,在寻找特定物体时,VWM中存储的物体特征信息可引导注意力迅速定位目标,提高搜索效率。同时,VWM的容量和存储内容也会影响注意力的分配策略。高VWM容量个体在面对多个刺激时,能够更好地分配注意力,对重要信息给予更多关注,而低VWM容量个体则可能因注意力分配不足,难以有效处理复杂信息(Cowan et al., 2005)。

3. 理论部分

3.1. 经典理论: 基于存储结构与容量限制的框架

经典理论主要围绕视觉工作记忆(VWM)的存储结构和容量限制展开。Baddeley 和 Hitch (1974)提出的多成分模型将视觉工作记忆(VWM)视为“视觉空间画板”(visuospatial sketchpad),强调其作为独立子系统的短期存储功能,需依赖中央执行系统进行资源协调。该模型认为视觉工作记忆是一个独立的子系统,负责短期存储视觉信息,而中央执行系统负责协调和管理这些信息的处理。Luck 和 Vogel (1997)进一步通过变化检测范式提出“离散插槽模型”,认为VWM容量受对象数量限制(约3~4个),且以整合特征形式存储(如颜色与形状绑定),而非孤立特征(Luck & Vogel, 1997)。这一观点得到Cowan (2000)的支持,其“注意力资源池”理论指出,容量限制源于注意力的有限分配能力。此外,Schneider (1995)提出工作记忆与注意力的联合控制模型,强调两者在目标导向行为中的协同作用(Schneider, 1995)。这些理论共同构建了早期VWM研究的核心框架,即以存储容量和特征整合为核心,关注静态资源的分配机制。研究者通过分析VWM保持阶段反映视觉注意和反映工作记忆存储的对侧延迟活动(contralateral delay activity, CDA),证明VWM保持阶段的视觉注意与存储是可分离的加工(Günseli et al., 2019)。有研究者提出,视觉注意在保持活跃状态下的VWM表征中起关键作用(Liang et al., 2019)。

过滤效能(FE)研究指出,VWM不仅依赖容量(WMC),还需通过选择任务相关目标并抑制无关分心物(即过滤效能)优化资源利用(Vogel & Machizawa, 2004)。Cowan 等(2006)将FE定义为注意控制的选择性功能在VWM中的体现,其本质是干扰抑制机制(Cowan et al., 2006)。实证研究表明,FE与WMC密切相关但功能分离:WMC反映存储能力,而FE决定信息加工的纯度(Luck & Vogel, 2013)。

资源竞争假说的提出也让注意力选择对VWM表征的影响也引发了新的思考。Hamblin-Frohman 和 Becker (2023)的研究发现,当搜索刺激相对简单时,目标缺失搜索(不需要注意力选择)不会引发记忆干扰,而目标存在搜索(需要注意力选择)则会。更为关键的是,在没有搜索过程的情况下,仅注意力选择(如变化目标条件)也会干扰VWM。这一结论与Woodman 和 Luck (2009)的研究相呼应,二者均支持资源竞争假说。该假说认为,视觉注意力和视觉工作记忆在运行过程中会竞争高度有限的认知资源,当两者同时运作时,注意力选择过程本身就足以干扰同时保持的VWM负荷,从而削弱VWM的保持效率。这表明注意力与VWM并非简单的协同统一关系,在资源分配方面存在更为复杂的竞争机制。

3.2. 现代理论: 动态过程与神经机制的整合

近年来,研究转向VWM的动态过程与神经机制。有研究探讨了对侧延迟活动(CDA)在视觉工作记

忆(vWM)和空间注意力中的作用。研究发现, CDA 的振幅不仅反映了工作记忆中信息的存储状态, 还受注意力的影响。当注意力集中在目标位置时, CDA 振幅较大, 表明信息保留较好; 而当有干扰物时, CDA 振幅会根据干扰物的位置变化。神经机制研究进一步揭示, α 振荡(8~12 Hz)在 VWM 中起关键作用, 低 α (8~9 Hz)反映注意力的空间分配, 而高 α (10~12 Hz)编码记忆负载与抑制干扰这表明工作记忆和注意力在认知过程中是相互作用的, CDA 既与信息保持有关, 也与空间注意力的分配密切相关(Li et al., 2021)。

目标可以引导注意力到特定的空间位置, 个体能够更有效地维持和复述记忆中的物体信息, 而不仅仅是被动地储存这些信息(Williams et al., 2013)。Olivers 和 Roelfsema (2023)提出“注意力源于感觉-行动耦合”理论, 认为 VWM 表征通过前馈-反馈回路与行动系统交互, 其维持依赖神经活动的循环增强而非被动存储(Li et al., 2021)。

Huang (2025)通过大规模行为实验提出“准综合探索模型”(QCE-VWM)发现空间注意机制会引导信息选择和处理, 集中于特定区域的信息更易被记住。项目间存在相互作用, 会彼此影响记忆效果, 这时人们会采用分块策略, 将相关项目组合成有意义单元以减轻记忆负荷。在记忆中存在类别偏向成分, 表现为对特定类别信息记忆更有优势。此外还发现集中和串扰机制, 集中表现为注意力聚焦增强部分项目记忆, 串扰指项目记忆受相邻项目干扰。综合探索方法将传统实验心理学和人工智能数据驱动模型开发的的优势相结合, 能有效整合以往碎片化的研究成果, 揭示各机制间的关系, 推动理论发展, 比传统的单一研究方法更精确。

经典理论通过“离散插槽模型”或“注意力资源池”解释容量限制, 而现代理论则通过动态资源竞争。如资源竞争假说, 揭示了资源分配的灵活性。此外, 两者均重视过滤机制的重要性, 经典理论提出过滤效能(FE)通过抑制干扰优化存储(Vogel & Machizawa, 2004), 而现代理论进一步将 FE 与神经机制(如前额叶-顶叶网络)关联, 表明其神经实现基础这些共性反映了两类理论在解释 VWM 功能时对“资源限制”和“注意力控制”的共同关注。

但是二者在研究视角、机制解释及方法论上存在显著差异。经典理论以静态存储结构为核心, 认为 VWM 容量受离散对象数量(如 3~4 个)或固定资源池的限制。奠定 VWM 研究基础, 提供可操作定义其目标在于解释存储容量上限和干扰抑制的分离机制(如 FE 与 WMC)。忽略资源动态分配与外部干扰的影响。相比之下, 现代理论强调动态过程与神经机制的整合, 例如通过神经振荡(如 α 频段; Diaz et al., 2021)或感觉-行动耦合揭示 VWM 的实时资源分配与可塑性, 研究方法转向神经成像(如 EEG、fMRI)和计算建模。现代理论更关注 VWM 如何与注意力、行动系统交互, 而非单纯描述存储限制。随着理论探讨的逐渐深入直接推动了对神经机制的探索。

4. 神经机制网络

4.1. 前额-顶叶通路

在探究视觉工作记忆与注意力的关系时, 神经机制的研究成为了关键突破口。前额叶皮层在抑制干扰方面发挥了重要的作用。前额叶皮层和基底神经节被认为控制着对 WM 的访问以及存储在顶叶中的相关信息的选择(McNab & Klingberg, 2008)。研究发现, PFC 损伤会损害猴子利用线索引导注意力的能力, 使其更容易被与反应相关的视觉刺激分散注意力(Panichello & Buschman, 2021)这表明 PFC 在抑制干扰、维持注意力稳定性方面具有不可或缺的作用。

有研究者使用经颅直流电刺激(tDCS)技术, 进一步揭示了二者之间错综复杂的联系。结果表明前额叶皮层(PFC)与顶叶皮层(PPC)在功能上的分离, PPC 主导着注意力范围的调控, 而 PFC 则承担着抑制干扰的重要职责为理解这一关系提供了重要线索(Li et al., 2017)。与此同时, 经颅直流电刺激(tDCS)等调控技术的发展为因果验证提供了有力工具。使用 tDCS 技术对不同脑区的刺激效果: 刺激右侧 PPC 可提升

无干扰任务的 VWM 容量, 而对 PFC 进行刺激则增强了干扰条件下的抑制能力。在实验中, 参与者在右侧前额叶皮层(PFC)、右侧顶叶皮层(PPC)和初级视觉皮层(VC)分别接受 1.5 mA 阳极 tDCS 15 分钟后完成任务, 以 VC 刺激作为活性对照条件。结果显示, 与 VC 刺激相比, 右侧 PPC 的刺激在无干扰条件下(即四个红色条)显著增加了视觉 WM 容量, 而右侧 PFC 的刺激在有干扰条件下(即两个红色条加两个蓝色条)显著增加了视觉 WM 容量(Martin-Garcia et al., 2025)。这提示二者在资源分配与干扰抑制中具有互补性, 为理解 VWM 与注意力的协同机制提供了因果证据。

4.2. 小脑协同

除了 PFC 和 PPC, 小脑 VIIb/VIIIa 叶在视觉空间认知中也有着独特的功能。Brissenden 等人(2018)在小脑 VIIb/VIIIa 叶特异性地参与空间编码与记忆负荷处理。在视觉工作记忆和注意力要求高的视觉感受野映射 fMRI 任务范式中, 观察到同侧视觉空间表征。并且在 VIIb/VIIIa 叶内, 存在空间编码和视觉工作记忆处理之间的功能分离, 视觉空间表征位于 VIIb/VIIIa 叶的背内侧部分, 而负荷依赖的视觉工作记忆处理则向腹外侧偏移。在顶叶皮层中也发现了类似的空间与负荷处理的功能梯度, 这种大脑皮层组织与 VIIb/VIIIa 叶的空间和负荷区域的功能连接良好预测。这一研究成果揭示了小脑在视觉空间注意力功能中的高度特异性招募, 表明小脑不仅是运动协调中枢, 更深度参与视觉空间注意力的精细调控。

4.3. 动态资源分配模型

N2pc 反映了目标注意力的部署。在面对多种信息或任务时, 将注意力资源分配到特定的目标或刺激上的过程(Schneider et al., 2017)。它涉及到选择性地关注某些信息, 而忽略其他无关信息, 以提高对目标信息的处理效率和准确性。有研究采用包含外围目标匹配干扰物的中央集中注意力任务, 对 51 名成年人展开相关研究。结果发现, 高容量个体相较于低容量个体, 其针对目标匹配干扰物的 N2pc (后侧对侧 N2) 以及 PD (N2pc 后的干扰物正向波)成分更大, 这表明高容量个体起初更难忽略干扰物, 不过他们能够启用更强的反应性抑制机制, 该研究发现也意味着高容量个体比低容量个体更容易受到条件性注意力捕获。而注意力控制和视觉工作记忆(VWM)紧密相关, 二者相互作用, 其中注意力控制在信息进入 VWM 时发挥筛选功能, 同时 VWM 容量会对注意力控制的策略及效果产生影响, 它们共同作用进而影响个体的认知表现(Zhong et al., 2024)。这种相互作用表明, VWM 不仅是存储系统, 更是动态整合注意力资源的认知平台。

神经机制研究通过脑区功能分离(如 PFC 与 PPC)、小脑特异性分工及 tDCS 干预, 揭示了视觉工作记忆与注意力的复杂交互网络。PFC 作为抑制干扰的核心, PPC 优化无干扰资源分配, 而小脑 VIIb/VIIIa 叶则补充了空间编码与负荷处理的功能。同时, VWM 容量与注意力控制的双向作用提示, 认知表现取决于存储能力与动态抑制的协同效率。未来需结合跨脑区神经调控与行为建模, 进一步解析资源竞争与协同的实时机制

5. 不足与展望

5.1. 现有研究的不足

5.1.1. 单一技术的局限性

目前的神经机制研究大多依赖单一技术, 例如 EEG (脑电图)、fMRI (功能磁共振成像)或 tDCS (经颅直流电刺激)。这些技术虽然在各自的领域内具有重要价值, 但各自存在局限性。例如, EEG 虽然具有高时间分辨率, 但空间分辨率较低; fMRI 则具有高空间分辨率, 但时间分辨率较低。这种单一技术的使用限制了对神经活动的全面理解。

5.1.2. 多模态同步的缺失

现有研究尚未实现多模态同步记录, 例如 fMRI-EEG 联合记录 α 振荡与 PPC (顶叶后部皮层) 激活的时空耦合。这种多模态同步记录对于理解大脑的复杂神经活动至关重要。例如, α 振荡与注意力和认知控制密切相关(Schroeder et al., 2018), 而 PPC 的激活则与空间注意力和工作记忆有关。通过多模态同步记录, 可以更全面地揭示这些神经活动的时空特性(夏明睿, 贺永, 2022)。

5.1.3. 生态效度欠缺

实验室任务与真实场景的差异。当前的实验室任务, 如变化检测范式, 虽然在控制实验条件下能够有效研究注意力机制, 但与真实场景中的注意力需求存在显著差异。实验室任务通常是在高度控制的环境中进行, 缺乏现实生活的复杂性和动态性。例如, 变化检测范式主要关注视觉刺激的变化, 而真实场景中的注意力分配涉及多种感官信息的整合和复杂的环境交互。

5.2. 展望

5.2.1. 开发多尺度记录平台

未来的研究应致力于开发多模态同步记录平台, 例如 fMRI-EEG 联合记录 α 振荡与 PPC 激活的时空耦合。这种多模态同步记录可以提供更全面的神经活动信息, 帮助揭示大脑在不同时间和空间尺度上的复杂机制。例如, 通过 fMRI 可以观察大脑不同区域的激活模式, 而 EEG 则可以捕捉神经活动的时间动态。

5.2.2. 整合高精度技术

进一步整合 ECoG (皮质脑电图) 和 7T fMRI 技术。ECoG 具有毫米级的空间精度, 可以提供更精细的皮质活动信息; 而 7T fMRI 则具有全脑覆盖的能力, 能够提供更丰富的脑局部解剖信息和更接近真实脑活动的功能信号。通过整合这两种技术, 可以实现从局部到全脑的多尺度研究(Zhan et al., 2023)。

5.2.3. 设计生态化实验范式

使用 AR 眼镜采集数据: 设计生态化实验范式, 使用 AR (增强现实) 眼镜采集现实场景中的眼动和 VWM (视觉工作记忆) 负荷数据。例如, 在超市购物场景中, 通过 AR 眼镜记录参与者的眼动数据和 VWM 负荷, 可以更真实地反映注意力分配和认知负荷的变化。

5.2.4. 设计生态化实验范式

使用 AR 眼镜采集数据: 设计生态化实验范式, 使用 AR (增强现实) 眼镜采集现实场景中的眼动和 VWM (视觉工作记忆) 负荷数据。例如, 在超市购物场景中, 通过 AR 眼镜记录参与者的眼动数据和 VWM 负荷, 可以更真实地反映注意力分配和认知负荷的变化。

参考文献

- 夏明睿, 贺永(2022). 功能磁共振脑成像机遇和挑战——中国十年来发展成果及展望. *磁共振成像*, 13(10), 23-36, 65.
- Allen, R. J., & Ueno, T. (2018). Multiple High-Reward Items Can Be Prioritized in Working Memory but with Greater Vulnerability to Interference. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 80, 1731-1743.
<https://doi.org/10.3758/s13414-018-1543-6>
- Baddeley, A. D., & Hitch, G. (1974). Working Memory. *Psychology of Learning and Motivation*, 8, 47-89.
[https://doi.org/10.1016/s0079-7421\(08\)60452-1](https://doi.org/10.1016/s0079-7421(08)60452-1)
- Brissenden, J. A., Tobyne, S. M., Osher, D. E., Levin, E. J., Halko, M. A., & Somers, D. C. (2018). Topographic Cortico-Cerebellar Networks Revealed by Visual Attention and Working Memory. *Current Biology*, 28, 3364-3372.e5.
<https://doi.org/10.1016/j.cub.2018.08.059>
- Cowan, N. (2000). The Magical Number 4 in Short-Term Memory: A Reconsideration of Mental Storage Capacity. *Behavioral*

- and *Brain Sciences*, 24, 87-114. <https://doi.org/10.1017/s0140525x01003922>
- Cowan, N., Elliott, E. M., Saults, J. S., & McLaughlin, J. A. (2006). The Relationship between Working Memory Capacity and Attentional Control. *Journal of Memory and Language*, 54, 1-19.
- Cowan, N., Elliott, E. M., Saults, J. S., & McLaughlin, J. A. (2005). On the Capacity for Attention: The Neuroanatomy of Individual Differences. *Journal of Experimental Psychology: General*, 134, 1-26.
- Desimone, R., & Duncan, J. (1995). Neural Mechanisms of Selective Visual Attention. *Annual Review of Neuroscience*, 18, 193-222. <https://doi.org/10.1146/annurev.ne.18.030195.001205>
- Diaz, J. A., & Spitzer, B. (2021). Dissociating the Roles of α Oscillation Sub-Bands in Visual Working Memory. *NeuroImage*, 230, 1-12.
- Dube, B., Emrich, S. M., & Al-Aidroos, N. (2017). More than a Filter: Feature-Based Attention Regulates the Distribution of Visual Working Memory Resources. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 43, 1843-1854. <https://doi.org/10.1037/xhp0000428>
- Formica, S., Palenciano, A. F., Vermeulen, L., Myers, N. E., Brass, M., & González-García, C. (2024). Internal Attention Modulates the Functional State of Novel Stimulus-Response Associations in Working Memory. *Cognition*, 245, Article ID: 105739. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2024.105739>
- Günseli, E., Fahrenfort, J. J., van Moorselaar, D., Daoultzis, K. C., Meeter, M., & Olivers, C. N. L. (2019). EEG Dynamics Reveal a Dissociation between Storage and Selective Attention within Working Memory. *Scientific Reports*, 9, Article No. 13499. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-49577-0>
- Hajonides, J. E., Ede, F., van Stokes, M. G., & Nobre, A. C. (2020). Comparing the Prioritization of Items and Feature-Dimensions in Visual Working Memory. *Journal of Vision*, 20, 25.
- Hamblin-Frohman, J., & Becker, S. I. (2023). Attentional Selection Is a Sufficient Cause for Visual Working Memory Interference. *Journal of Vision*, 23, 15.
- Huang, L. (2025). Comprehensive Exploration of Visual Working Memory Mechanisms Using Large-Scale Behavioral Experiment. *Nature Communications*, 16, Article No. 1383. <https://doi.org/10.1038/s41467-025-56700-5>
- Kim, S., & Cho, Y. S. (2024). Feature-based Attentional Control for Distractor Suppression. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 86, 1075-1085. <https://doi.org/10.3758/s13414-024-02858-x>
- Kong, G., & Fougner, D. (2019). Visual Search within Working Memory. *Journal of Experimental Psychology: General*, 148, 1688-1700. <https://doi.org/10.1037/xge0000555>
- Li, D., Zhao, C., Guo, J., Kong, Y., Li, H., Du, B. et al. (2021). Visual Working Memory Guides Spatial Attention: Evidence from α Oscillations and Sustained Potentials. *Neuropsychologia*, 151, Article ID: 107719. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2020.107719>
- Li, S., Cai, Y., Liu, J., Li, D., Feng, Z., Chen, C. et al. (2017). Dissociated Roles of the Parietal and Frontal Cortices in the Scope and Control of Attention during Visual Working Memory. *NeuroImage*, 149, 210-219. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2017.01.061>
- Liang, G., & Scolari, M. (2020). Limited Interactions between Space- and Feature-Based Attention in Visually Sparse Displays. *Journal of Vision*, 20, 1-21. <https://doi.org/10.1167/jov.20.4.5>
- Liang, T., Chen, X., Ye, C., Zhang, J., & Liu, Q. (2019). Electrophysiological Evidence Supports the Role of Sustained Visuospatial Attention in Maintaining Visual WM Contents. *International Journal of Psychophysiology*, 146, 54-62. <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2019.09.011>
- Luck, S. J., & Vogel, E. K. (1997). The Capacity of Visual Working Memory for Features and Conjunctions. *Nature*, 390, 279-281. <https://doi.org/10.1038/36846>
- Luck, S. J., & Vogel, E. K. (2013). Visual Working Memory Capacity: From Psychophysics and Neurobiology to Individual Differences. *Trends in Cognitive Sciences*, 17, 391-400. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2013.06.006>
- Luck, S. J., Hillyard, S. A., Mouloua, M., & Hawkins, H. L. (1996). Mechanisms of Visual-Spatial Attention: Resource Allocation or Uncertainty Reduction? *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 22, 725-737. <https://doi.org/10.1037//0096-1523.22.3.725>
- Martin-Garcia, O., da Silva, P. H. R., De Smet, S., De Witte, S., Brunoni, A. R., Vanderhasselt, M. et al. (2025). Baseline Gray Matter Volume Associates with Working Memory Performance after Prefrontal Transcranial Direct Current Stimulation. *Behavioural Brain Research*, 481, Article ID: 115416. <https://doi.org/10.1016/j.bbr.2025.115416>
- McNab, F., & Klingberg, T. (2008). Prefrontal Cortex and Basal Ganglia Control Access to Working Memory. *Nature Neuroscience*, 11, 103-107. <https://doi.org/10.1038/nn2024>
- Olivers, C. N., & Roelfsema, P. R. (2023). Attention for Action in Visual Working Memory. *Cortex*, 131, 179-194.
- Panichello, M. F., & Buschman, T. J. (2021). Shared Mechanisms Underlie the Control of Working Memory and Attention. *Nature*, 592, 601-605. <https://doi.org/10.1038/s41586-021-03390-w>

- Schneider, D., Barth, A., Getzmann, S., & Wascher, E. (2017). On the Neural Mechanisms Underlying the Protective Function of Retroactive Cuing against Perceptual Interference: Evidence by Event-Related Potentials of the EEG. *Biological Psychology*, 124, 47-56. <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2017.01.006>
- Schneider, K. A. (1995). Working Memory and Attention: A Combined Approach. *Psychological Research*, 57, 179-188.
- Schroeder, S. C. Y., Ball, F., & Busch, N. A. (2018). The Role of Alpha Oscillations in Distractor Inhibition during Memory Retention. *European Journal of Neuroscience*, 48, 2516-2526. <https://doi.org/10.1111/ejn.13852>
- van der Meulen, J. H. (2021). *Prioritising Feature Representations in Visual Working Memory*. Master's Thesis, University of Oxford.
- Vogel, E. K., & Machizawa, M. G. (2004). Neural Activity Predicts Individual Differences in Visual Working Memory Capacity. *Nature*, 428, 748-751. <https://doi.org/10.1038/nature02447>
- Williams, M., Pouget, P., Boucher, L., & Woodman, G. F. (2013). Visual-Spatial Attention Aids the Maintenance of Object Representations in Visual Working Memory. *Memory & Cognition*, 41, 698-715. <https://doi.org/10.3758/s13421-013-0296-7>
- Woodman, G. F., & Luck, S. J. (2009). Why Is Information Displaced from Visual Working Memory during Visual Search? *Visual Cognition*, 18, 275-295. <https://doi.org/10.1080/13506280902734326>
- Zhan, M., Pallier, C., Agrawal, A., Dehaene, S., & Cohen, L. (2023). Does the Visual Word Form Area Split in Bilingual Readers? a Millimeter-Scale 7-T fMRI Study. *Science Advances*, 9, eadf6140. <https://doi.org/10.1126/sciadv.adf6140>
- Zhong, C., Qu, Z., Yang, N., Sun, M., Wang, Y., & Ding, Y. (2024). Susceptibility to Attentional Capture by Target-Matching Distractors Predicts High Visual Working Memory Capacity. *Psychological Science*, 35, 1203-1216. <https://doi.org/10.1177/09567976241279520>