

视觉信息加工通路与注意机制的关系研究综述

马文敏

苏州大学教育学院, 江苏 苏州

收稿日期: 2025年10月17日; 录用日期: 2025年10月29日; 发布日期: 2025年11月13日

摘要

注意是人类认知系统中的核心功能, 其通过选择性地处理信息来优化有限的认知资源。近年来, 越来越多的研究关注视觉信息加工通路与注意机制之间的关系。本文系统综述了视觉信息加工通路的神经解剖学基础、生理特性, 以及它们在注意定向、注意捕获和注意抑制等过程中的作用。研究表明, 不同的视觉通路在注意加工中具有相对分离的功能: 大细胞通路(M通路)主要参与快速的注意定向和空间位置加工, 而小细胞通路(P通路)则更多地参与精细的特征分析和物体识别。此外, 背侧视觉流和腹侧视觉流在注意加工中也表现出通路特异性。本文还探讨了视觉通路与注意时间动力学的关系, 以及通路损伤对注意功能的影响。最后, 本文指出了当前研究的局限性, 并对未来研究方向提出了展望。

关键词

视觉信息加工通路, 视觉注意, 大细胞通路, 小细胞通路, 背侧流, 腹侧流, 注意定向

Visual Information Processing Pathways and Attentional Mechanisms: A Review

Wenmin Ma

School of Education, Soochow University, Suzhou Jiangsu

Received: October 17, 2025; accepted: October 29, 2025; published: November 13, 2025

Abstract

Attention is a core function of the human cognitive system that optimizes limited cognitive resources through selective information processing. In recent years, increasing research has focused on the relationship between visual information processing pathways and attentional mechanisms. This article systematically reviews the neuroanatomical foundations and physiological character-

istics of visual information processing pathways, as well as their roles in attentional orienting, attentional capture, and attentional inhibition. Research indicates that different visual pathways have relatively distinct functions in attentional processing: the magnocellular pathway is primarily involved in rapid attentional orienting and spatial location processing, whereas the parvocellular pathway is more engaged in fine-grained feature analysis and object recognition. Furthermore, the dorsal and ventral visual streams also exhibit pathway-specific characteristics in attentional processing. This review also explores the relationship between visual pathways and the temporal dynamics of attention, as well as the impact of pathway lesions on attentional function. Finally, this article identifies limitations of current research and proposes directions for future investigation.

Keywords

Visual Information Processing Pathways, Visual Attention, Magnocellular Pathway, Parvocellular Pathway, Dorsal Stream, Ventral Stream, Attentional Orienting

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

在复杂多变的视觉环境中，人类视觉系统每秒接收海量的信息输入，但受限于认知资源的有限性，大脑无法同时处理所有视觉信息。视觉注意作为一种选择机制，能够优先处理与当前任务相关或具有显著性的信息，从而提高视觉加工的效率(Posner & Petersen, 1990)。视觉注意不仅涉及皮层高级认知系统，还与早期视觉信息加工通路密切相关。

视觉信息从视网膜开始，经过外侧膝状体(lateral geniculate nucleus, LGN)投射到初级视觉皮层(V1)，再进一步投射到高级视觉皮层区域，形成了多条功能相对独立但又相互协作的加工通路。经典的视觉通路理论将视觉信息加工分为两条主要通路：大细胞通路(Magnocellular pathway, M 通路)和小细胞通路(Parvocellular pathway, P 通路)。这两条通路在解剖结构、生理特性和功能上存在显著差异(Livingstone & Hubel, 1988)。M 通路对运动、低空间频率和瞬时变化敏感，具有较高的时间分辨率；P 通路则对颜色、高空间频率和细节信息敏感，具有较高的空间分辨率(Kaplan & Shapley, 1982)。

近年来，大量研究表明，这些视觉加工通路不仅参与早期视觉特征的编码，还在注意过程中发挥着重要作用。例如，M 通路被认为在注意定向和外源性注意捕获中起关键作用(Vidyasagar & Pammer, 1999)，而 P 通路则可能更多地参与精细的特征选择和物体识别(Yeshurun & Carrasco, 1999)。然而，关于不同视觉通路如何影响注意的时间动力学、以及通路之间如何交互以支持复杂注意功能的问题，仍存在诸多争议。

本文旨在系统回顾视觉信息加工通路与注意机制之间关系的研究进展，重点探讨：1) 视觉加工通路的神经解剖学和生理学基础；2) 不同通路在注意定向、注意捕获和注意抑制中的作用；3) 通路特异性对注意时间动力学的影响；4) 通路损伤与注意障碍的关系。通过梳理相关文献，为理解视觉注意的神经机制提供新的视角，并为未来研究提供方向。

2. 视觉信息加工通路的神经基础

2.1. 视网膜 - 外侧膝状体 - 视皮层通路

人类视觉系统的信息加工始于视网膜。视网膜中的感光细胞(视锥细胞和视杆细胞)将光信号转换为

神经电信号,并通过双极细胞传递至视网膜神经节细胞(RGCs)。RGCs 是视觉信息离开视网膜的唯一出口,其轴突汇聚成视神经,投射到丘脑的外侧膝状体(LGN) (Kandel et al., 2013)。

LGN 是视觉信息中继的关键核团,由六层神经元组成,其中 1~2 层为大细胞层(magnocellular layers),主要接收来自视网膜 Parasol 神经节细胞的输入;3~6 层为小细胞层(parvocellular layers),主要接收来自 Midget 神经节细胞的输入(Derrington & Lennie, 1984)。大细胞和小细胞在形态、电生理特性和功能上存在显著差异,形成了两条相对独立的视觉加工通路。

从 LGN 出发,视觉信息投射到初级视觉皮层(V1 区),并进一步传递到 V2、V4、MT 等高级视觉皮层区域。在这一过程中,M 通路和 P 通路逐渐分化为两条功能更为明确的视觉流:背侧流(dorsal stream)和腹侧流(ventral stream) (Gori et al., 2014, 2015; Previc, 1990)。

2.2. 大细胞通路(M 通路)的特性

M 通路起源于视网膜的 Parasol 神经节细胞,这些细胞具有较大的树突场和较快的反应速度。Parasol 细胞对低对比度刺激敏感,但对颜色信息不敏感,表现出宽光谱敏感性(Kaplan & Shapley, 1982)。M 通路神经元对运动、闪烁和瞬时亮度变化具有较高的敏感性,其时间分辨率高,但空间分辨率相对较低(Livingstone & Hubel, 1988)。

在 LGN 中,大细胞层的神经元投射到 V1 区的 4C α 层,随后传递到 4B 层,并最终投射到背侧流的主要脑区,如中颞叶皮层(MT/V5)和顶叶皮层(Maunsell & Newsome, 1987)。这一通路在视觉运动感知、空间定位和视觉引导的行为中发挥重要作用(Goodale & Milner, 1992)。

2.3. 小细胞通路(P 通路)的特性

P 通路起源于视网膜的 Midget 神经节细胞,这些细胞具有较小的感受野和较慢的反应速度。与 Parasol 细胞不同,Midget 细胞对颜色对比敏感,能够区分来自长波(L)和中波(M)视锥细胞的输入,从而编码颜色信息(Derrington et al., 1984)。P 通路对高空间频率和精细细节敏感,但对低对比度刺激的敏感性低于 M 通路(Shapley et al., 1981)。

在 LGN 中,小细胞层的神经元投射到 V1 区的 4C β 层,随后传递到 2/3 层的富含细胞色素氧化酶的斑点区域(blob regions),并最终投射到腹侧流的主要脑区,如 V4 和下颞叶皮层(IT) (Conway, 2014)。这一通路在物体识别、颜色感知和精细形状分析中发挥关键作用(Ungerleider & Mishkin, 1982)。

2.4. 背侧流与腹侧流

从 V1 出发,视觉信息沿着两条主要的皮层通路传递:背侧流和腹侧流。背侧流从 V1 经 V2、V3 投射到顶叶皮层,主要处理空间位置、运动和视觉运动引导的信息,被称为“where”通路(Goodale & Milner, 1992)。腹侧流从 V1 经 V2、V4 投射到下颞叶皮层,主要处理物体特征、颜色和形状信息,被称为“what”通路(Ungerleider & Mishkin, 1982)。值得注意的是,背侧流的主要输入来自 M 通路,而腹侧流的主要输入来自 P 通路,但两条流之间并非完全独立,存在一定的交互和整合(Merigan & Maunsell, 1993)。

3. 视觉通路与注意定向

3.1. 外源性注意与 M 通路

外源性注意(exogenous attention)是指由环境中突然出现的显著刺激自动捕获的注意,通常具有快速、自动和短暂的特点(Posner, 1980)。大量研究表明,M 通路在外源性注意的触发中起着关键作用。Vidyasagar 和 Pammer (1999)提出,M 通路的快速反应特性使其成为检测视觉场景中突变信息的理想机制。他们发现,阅读障碍儿童在 M 通路功能受损时,表现出注意定向的缺陷。这一发现支持了 M 通路在注意捕获

中的重要作用(Vidyasagar & Pammer, 1999)。脑成像研究进一步证实了 M 通路 with 注意定向的关系。例如, Corbetta 和 Shulman (2002)的研究表明, 外源性注意任务激活了与 M 通路相关的脑区, 包括顶内沟(IPS)和额叶眼动区(FEF)。这些脑区构成了背侧注意网络, 主要负责空间注意的定向和维持(Corbetta & Shulman, 2002)。

3.2. 内源性注意与 P 通路

内源性注意(endogenous attention)是指根据任务目标和预期自上而下地分配注意资源, 通常具有慢速、主动和持续的特点(Posner, 1980)。相比之下, P 通路在内源性注意中的作用较为复杂。一些研究表明, P 通路参与了基于特征的注意选择。例如, 当被试需要根据颜色或精细形状特征选择目标时, P 通路相关脑区(如 V4 和 IT)的活动显著增强(Maunsell & Treue, 2006)。此外, P 通路的高空间分辨率使其在精细的空间注意任务中也发挥作用(Yeshurun & Carrasco, 1999)。然而, 也有研究指出, P 通路在注意捕获中的作用不容忽视。Snowden (2002)使用等亮度的颜色线索发现, 这些线索(主要激活 P 通路)在捕获反射性注意方面与亮度线索同样有效。这一发现挑战了 M 通路在注意捕获中的独占地位(Snowden, 2002)。

3.3. 通路交互与注意整合

近期研究通过多变量模式分析(MVPA-fMRI)、扩散张量成像(DTI)和稳态视觉诱发电位(SSVEP)等技术, 深化了对通路交互的理解。MVPA 研究显示, 视觉皮层(如 V1~V3)对 M 和 P 通路刺激的表征存在重叠但功能梯度差异, 腹侧区域(如 hV4)更偏向 P 通路处理, 而背侧区域(如 MT+)优先响应 M 通路输入(Ibarbia-Garate, 2022)。DTI 证据表明白质纤维束(如视辐射)的微观结构差异与通路特异性相关, 但交叉纤维的存在支持了并行整合机制(Solomon, 2021)。SSVEP 研究则通过时间频率分析揭示 M 通路在快速注意转换中的优势, 而 P 通路负责持续精细处理(de Lissa et al., 2020)。

尽管 M 通路和 P 通路在注意定向中的作用存在分离, 但两条通路并非完全独立。实际上, 复杂的视觉注意任务往往需要两条通路的协同工作。例如, 在视觉搜索任务中, M 通路可能首先快速检测出潜在目标的位置, 随后 P 通路对目标的细节特征进行精细分析, 以确认目标身份。这种“快速定位-精细识别”的两阶段加工模式在多个研究中得到了支持(Treisman & Gelade, 1980; Wolfe, 2010)。此外, 注意本身也可能调节不同通路的活动。一些研究发现, 注意可以增强 V1 区神经元的反应, 并且这种增强效应在 M 通路和 P 通路中表现出不同的模式(Martínez et al., 1999)。

4. 视觉通路 with 注意抑制

4.1. 返回抑制(IOR)的神经基础

返回抑制(Inhibition of Return, IOR)是指在注意离开某一位置后, 对该位置再次出现的刺激反应变慢的现象(Posner & Cohen, 1984)。IOR 被认为是一种适应性机制, 通过抑制对已注意位置的重复定向, 促进视觉搜索的效率(Klein, 2000)。关于 IOR 的神经机制, 研究者提出了两种假说: 皮层下机制和皮层机制。皮层下机制认为, IOR 主要依赖于中脑的上丘(superior colliculus, SC)。上丘是眼动控制的关键结构, 也参与了外源性注意的定向(Sparks, 1986)。一些研究发现, 上丘损伤或功能受抑制时, IOR 效应显著减弱(Sapir et al., 1999)。

皮层机制则认为, IOR 也涉及高级皮层区域, 如顶叶皮层和额叶眼动区。fMRI 研究表明, IOR 任务激活了顶叶和额叶区域, 这些区域与内源性注意的控制密切相关(Mayer et al., 2004)。

4.2. 视觉通路 with IOR 的关系

近年来, 研究者开始探讨视觉通路在 IOR 中的作用。Sumner 等(2004)利用短波视锥细胞特异性刺激

(S-cone 刺激), 发现这类刺激对上丘和 M 通路“不可见”, 但仍能在手动反应下诱发 IOR。这一发现表明, IOR 可能存在两种独立的生成机制: 一种依赖于视网膜-上丘通路, 另一种依赖于皮层通路(Sumner et al., 2004)。Brown (2009), Brown 和 Guenther (2012) 进一步考察了皮层通路对 IOR 的影响。他们使用偏向不同通路的刺激(高空间频率刺激偏向 P 通路, 低空间频率刺激偏向 M 通路), 发现 P 通路刺激诱发的 IOR 效应更大。这一结果提示, 皮层通路在 IOR 中可能存在通路特异性(Brown & Guenther, 2012)。

4.3. IOR 的时间动力学

IOR 的出现和持续时间受多种因素影响, 包括线索-目标时间间隔(CTOA)、任务类型和反应方式等。经典研究发现, 在检测任务中, IOR 通常在 CTOA 为 250~300 ms 时开始出现(Posner & Cohen, 1984)。然而, 在辨别任务中, IOR 的出现时间显著延迟(Lupiáñez et al., 1997)。此外, 反应方式也影响 IOR 的时间进程。Briand 等(2000)发现, 眼动反应下的 IOR 出现时间早于手动反应, 且持续时间更短。这一差异可能反映了不同反应系统对注意抑制的敏感性不同(Briand et al., 2000)。

5. 视觉通路与注意的临床意义

5.1. 通路损伤与注意障碍

视觉通路的损伤可导致多种注意障碍。例如, 顶叶皮层损伤常导致单侧忽视(hemispatial neglect), 患者无法注意到损伤对侧的视觉刺激(Bartolomeo et al., 1999)。这一现象表明, 背侧流在空间注意中的关键作用。此外, 一些研究发现, M 通路功能受损与阅读障碍、注意缺陷多动障碍(ADHD)等发展性障碍相关(Gori et al., 2014)。这些患者在需要快速注意定向的任务中表现出明显缺陷, 支持了 M 通路在注意中的重要作用。

5.2. 视觉通路老化

随着年龄增长, 视觉通路的功能也发生变化。一些研究表明, 老年人在 M 通路相关的任务(如运动检测和对比敏感度)中表现出更大的衰退(Owsley, 2011)。这种衰退可能导致注意定向速度减慢, 从而影响老年人的视觉搜索效率和日常生活功能。

6. 总结与展望

本文系统综述了视觉信息加工通路与注意机制之间的关系。研究表明, M 通路和 P 通路在注意定向、注意捕获和注意抑制中发挥着不同但又互补的作用。M 通路凭借其快速反应特性, 在外源性注意和空间定位中占据主导地位; P 通路则凭借其高空间分辨率, 在精细的特征选择和物体识别中更为重要。然而, 当前研究仍存在一些局限性。大多数研究采用简单的视觉刺激和任务, 难以反映真实视觉环境的复杂性。未来研究可以采用更精细的时间分辨率技术(如高时间分辨率的 fMRI 和 EEG), 深入探讨通路交互的时间动力学。此外, 结合临床研究, 探索视觉通路功能异常与注意障碍的因果关系, 将为干预和治疗提供重要依据。

参考文献

- Bartolomeo, P., Chokron, S., & Siéoff, E. (1999). Facilitation Instead of Inhibition for Repeated Right-Sided Events in Left Neglect. *NeuroReport*, 10, 3353-3357. <https://doi.org/10.1097/00001756-199911080-00018>
- Briand, K. A., Larrison, A. L., & Sereno, A. B. (2000). Inhibition of Return in Manual and Saccadic Response Systems. *Perception & Psychophysics*, 62, 1512-1524. <https://doi.org/10.3758/bf03212152>
- Brown, J. M. (2009). Visual Streams and Shifting Attention. In *Progress in Brain Research* (pp. 47-63). Elsevier. [https://doi.org/10.1016/s0079-6123\(09\)17604-5](https://doi.org/10.1016/s0079-6123(09)17604-5)

- Brown, J. M., & Guenther, B. A. (2012). Magnocellular and Parvocellular Pathway Influences on Location-Based Inhibition-of-Return. *Perception*, 41, 319-338. <https://doi.org/10.1068/p7133>
- Conway, B. R. (2014). Color Signals through Dorsal and Ventral Visual Pathways. *Visual Neuroscience*, 31, 197-209. <https://doi.org/10.1017/s0952523813000382>
- Corbetta, M., & Shulman, G. L. (2002). Control of Goal-Directed and Stimulus-Driven Attention in the Brain. *Nature Reviews Neuroscience*, 3, 201-215. <https://doi.org/10.1038/nrn755>
- de Lissa, P., Caldara, R., Nicholls, V., & Mielliet, S. (2020). In Pursuit of Visual Attention: SSVEP Frequency-Tagging Moving Targets. *PLOS ONE*, 15, e0236967. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0236967>
- Derrington, A. M., & Lennie, P. (1984). Spatial and Temporal Contrast Sensitivities of Neurones in Lateral Geniculate Nucleus of Macaque. *The Journal of Physiology*, 357, 219-240. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.1984.sp015498>
- Derrington, A. M., Krauskopf, J., & Lennie, P. (1984). Chromatic Mechanisms in Lateral Geniculate Nucleus of Macaque. *The Journal of Physiology*, 357, 241-265. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.1984.sp015499>
- Goodale, M. A., & Milner, A. D. (1992). Separate Visual Pathways for Perception and Action. *Trends in Neurosciences*, 15, 20-25. [https://doi.org/10.1016/0166-2236\(92\)90344-8](https://doi.org/10.1016/0166-2236(92)90344-8)
- Gori, S., Cecchini, P., Bigoni, A., Molteni, M., & Facoetti, A. (2014). Magnocellular-Dorsal Pathway and Sub-Lexical Route in Developmental Dyslexia. *Frontiers in Human Neuroscience*, 8, Article No. 460. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2014.00460>
- Gori, S., Mascheretti, S., Giora, E., Ronconi, L., Ruffino, M., Quadrelli, E. et al. (2015). The DCDC2 Intron 2 Deletion Impairs Illusory Motion Perception Unveiling the Selective Role of Magnocellular-Dorsal Stream in Reading (Dis)ability. *Cerebral Cortex*, 25, 1685-1695. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhu234>
- Ibarbia Garate, M. (2022). *Magnocellular and Parvocellular Visual Pathways, Involvement in Reading. Examination of Developmental Trajectories, Visual Cortex Regions and Reading Circuitries*. Tesis Doctoral, University of the Basque Country.
- Kandel, E. R., Schwartz, J. H., Jessell, T.M. et al. (2013). *Principles of Neural Science* (5th ed., pp. 556-601). McGraw-Hill.
- Kaplan, E., & Shapley, R. M. (1982). X and Y Cells in the Lateral Geniculate Nucleus of Macaque Monkeys. *The Journal of Physiology*, 330, 125-143. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.1982.sp014333>
- Klein, R. M. (2000). Inhibition of Return. *Trends in Cognitive Sciences*, 4, 138-147. [https://doi.org/10.1016/s1364-6613\(00\)01452-2](https://doi.org/10.1016/s1364-6613(00)01452-2)
- Livingstone, M., & Hubel, D. (1988). Segregation of Form, Color, Movement, and Depth: Anatomy, Physiology, and Perception. *Science*, 240, 740-749. <https://doi.org/10.1126/science.3283936>
- Lupiáñez, J., Milán, E. G., Tornay, F. J., Madrid, E., & Tudela, P. (1997). Does IOR Occur in Discrimination Tasks? Yes, It Does, but Later. *Perception & Psychophysics*, 59, 1241-1254. <https://doi.org/10.3758/bf03214211>
- Martínez, A., Anllo-Vento, L., Sereno, M. I., Frank, L. R., Buxton, R. B., Dubowitz, D. J. et al. (1999). Involvement of Striate and Extrastriate Visual Cortical Areas in Spatial Attention. *Nature Neuroscience*, 2, 364-369. <https://doi.org/10.1038/7274>
- Maunsell, J. H. R., & Newsome, W. T. (1987). Visual Processing in Monkey Extrastriate Cortex. *Annual Review of Neuroscience*, 10, 363-401. <https://doi.org/10.1146/annurev.ne.10.030187.002051>
- Maunsell, J. H. R., & Treue, S. (2006). Feature-Based Attention in Visual Cortex. *Trends in Neurosciences*, 29, 317-322. <https://doi.org/10.1016/j.tins.2006.04.001>
- 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, 1262-1271. <https://doi.org/10.1162/0898929041920531>
- Merigan, W. H., & Maunsell, J. H. R. (1993). How Parallel Are the Primate Visual Pathways? *Annual Review of Neuroscience*, 16, 369-402. <https://doi.org/10.1146/annurev.ne.16.030193.002101>
- Owsley, C. (2011). Aging and Vision. *Vision Research*, 51, 1610-1622. <https://doi.org/10.1016/j.visres.2010.10.020>
- Posner, M. I. (1980). Orienting of Attention. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 32, 3-25.
- 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). Lawrence Erlbaum Associates.
- Posner, M. I., & Petersen, S. E. (1990). The Attention System of the Human Brain. *Annual Review of Neuroscience*, 13, 25-42. <https://doi.org/10.1146/annurev.ne.13.030190.000325>
- Previc, F. H. (1990). Functional Specialization in the Lower and Upper Visual Fields in Humans: Its Ecological Origins and Neurophysiological Implications. *Behavioral and Brain Sciences*, 13, 519-542. <https://doi.org/10.1017/s0140525x00080018>
- Sapir, A., Soroker, N., Berger, A., & Henik, A. (1999). Inhibition of Return in Spatial Attention: Direct Evidence for Collicular Generation. *Nature Neuroscience*, 2, 1053-1054. <https://doi.org/10.1038/15977>

- Shapley, R., Kaplan, E., & Soodak, R. (1981). Spatial Summation and Contrast Sensitivity of X and Y Cells in the Lateral Geniculate Nucleus of the Macaque. *Nature*, 292, 543-545. <https://doi.org/10.1038/292543a0>
- Snowden, R. J. (2002). Visual Attention to Color: Parvocellular Guidance of Attentional Resources? *Psychological Science*, 13, 180-184. <https://doi.org/10.1111/1467-9280.00433>
- Solomon, S. G. (2021). Retinal Ganglion Cells and the Magnocellular, Parvocellular, and Koniocellular Subcortical Visual Pathways from the Eye to the Brain. In *Handbook of Clinical Neurology* (Vol. 178, pp. 31-50). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-821377-3.00018-0>
- Sparks, D. L. (1986). Translation of Sensory Signals into Commands for Control of Saccadic Eye Movements: Role of Primate Superior Colliculus. *Physiological Reviews*, 66, 118-171. <https://doi.org/10.1152/physrev.1986.66.1.118>
- 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, 2259-2263. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2004.12.021>
- Treisman, A. M., & Gelade, G. (1980). A Feature-Integration Theory of Attention. *Cognitive Psychology*, 12, 97-136. [https://doi.org/10.1016/0010-0285\(80\)90005-5](https://doi.org/10.1016/0010-0285(80)90005-5)
- Ungerleider, L. G., & Mishkin, M. (1982). Two Cortical Visual Systems. In D. J. Ingle, M. A. Goodale, & R. J. W. Mansfield (Eds.), *Analysis of Visual Behavior* (pp. 549-586). MIT Press.
- Vidyasagar, T. R., & Pammer, K. (1999). Impaired Visual Search in Dyslexia Relates to the Role of the Magnocellular Pathway in Attention. *NeuroReport*, 10, 1283-1287. <https://doi.org/10.1097/00001756-199904260-00024>
- Wolfe, J. M. (2010). Visual Search. *Current Biology*, 20, R346-R349. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2010.02.016>
- Yeshurun, Y., & Carrasco, M. (1999). Spatial Attention Improves Performance in Spatial Resolution Tasks. *Vision Research*, 39, 293-306. [https://doi.org/10.1016/S0042-6989\(98\)00114-X](https://doi.org/10.1016/S0042-6989(98)00114-X)