

# 注意偏向研究范式与微眼跳结合的研究进展

刘继隆, 蒋双联, 贺伟, 郭红娟, 谯悦, 何东军\*

成都医学院心理学院, 四川 成都

收稿日期: 2024年5月8日; 录用日期: 2024年7月24日; 发布日期: 2024年7月31日

## 摘要

注意偏向指的是个体在面对负性或正性刺激时, 相较于中性刺激, 会表现出不同的注意分配, 这是一种在精神病理学中显著的现象。微眼跳是在注视过程中, 眼球发生的不自主小幅跳动, 较少受意识直接控制。过去, 眼跳指标在注意偏向研究中占主导地位, 如今, 随着微眼跳指标价值的发现, 它逐渐被更多研究者应用于注意偏向的眼动研究中。本文首先介绍了注意偏向的常用研究范式, 接着, 阐述了微眼跳的基本特点以及研究者对其的评价。然后, 介绍了微眼跳与注意偏向研究范式结合的研究进展, 并讨论了在这结合过程中应注意的微眼跳影响因素。最后, 本文对未来的研究进行了展望, 希望能够为将来的研究提供新的视角和思路。

## 关键词

微眼跳, 注意偏向, 注意

# Research Progress on the Combination of Attentional Bias Research Paradigm and Microsaccades

Jilong Liu, Shuanglian Jiang, Wei He, Hongjuan Guo, Yue Qiao, Dongjun He\*

Faculty of Psychology, Chengdu Medical College, Chengdu Sichuan

Received: May 8<sup>th</sup>, 2024; accepted: Jul. 24<sup>th</sup>, 2024; published: Jul. 31<sup>st</sup>, 2024

## Abstract

Attention bias refers to the different allocation of attention that individuals show when facing negative or positive stimuli compared with neutral stimuli. This is a significant phenomenon in psychopathology. Microsaccades are involuntary small movements of the eyeballs during gaze,

\*通讯作者。

文章引用: 刘继隆, 蒋双联, 贺伟, 郭红娟, 谯悦, 何东军(2024). 注意偏向研究范式与微眼跳结合的研究进展. *心理学进展*, 14(7), 542-549. DOI: 10.12677/ap.2024.147512

which are less directly controlled by consciousness. In the past, saccade indicators dominated research on attentional bias. Now, with the discovery of the value of microsaccade indicators, it is gradually being used by more researchers in eye movement research on attentional bias. This article first introduces the commonly used research paradigms of attention bias, and then explains the basic characteristics of microsaccades and researchers' evaluation of them. Then, the research progress on the combination of microsaccades and attention bias research paradigms is introduced, and the influencing factors of microsaccades that should be paid attention to during this combination process are discussed. Finally, this article looks forward to future research, hoping to provide new perspectives and ideas for future research.

## Keywords

Microsaccade, Attention Bias, Attention

Copyright © 2024 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

注意偏向(attention bias)是指个体对负性刺激或正性刺激表现出了与中性刺激不同的注意分配(Leung et al., 2009)。研究注意偏向具有重要的理论和实践意义。在理论上,它有助于我们深入了解注意分配和调节的机制,以及注意与认知、情绪等心理过程之间的关系(Wirth & Wentura, 2020);在实践上,通过干预和改变个体的注意偏向,可以改善个体的心理健康状况,如减轻焦虑(Naim et al., 2018)、抑郁(De Voogd et al., 2017)等情绪问题。在过去的研究中,测量注意偏向的范式过于依赖于反应时指数,被学者们批评反应时指标一致性较差、可靠性较差(Dear et al., 2011)和相容效度较差(Van Bockstaele et al., 2019)。据此,更多的学者采用更高生态效度的眼动追踪技术(Eye-tracking),并使用眼跳指标对注意偏向进行分析研究(Priebe et al., 2015)。在早期的研究中,研究者们普遍认为视觉搜索过程中仅涉及幅度较大的眼球运动,随着眼动追踪技术的发展,Dodge 于 1907 年首次发现:在注视过程中,视觉系统同样会产生微小的,不自主的眼球运动——微眼跳(microsaccades)。学者们普遍认为微眼跳相较于眼跳,更少地受自主意识的影响(Pastukhov & Braun, 2010)。近些年,鉴于微眼跳相较于传统眼跳具有独特的特性,研究者尝试将注意偏向研究范式与微眼跳相结合,并对微眼跳的差异进行了分析,但目前尚缺乏系统的综述。鉴于此,本文首先介绍注意偏向研究的常用范式和微眼跳的基本特征,并从研究者角度对微眼跳进行评价,使读者了解将注意偏向研究范式与微眼跳结合的意义。随后,我们概述现阶段注意偏向研究范式与微眼跳结合的相关研究进展,并建议研究者在未来的研究中应重视微眼跳的影响因素。在文章的最后,我们对注意偏向范式和微眼跳的结合提出展望。此举旨在构建一个坚实的理论基础,为未来注意偏向范式与微眼跳结合的研究提供有力的方法学指导。

## 2. 注意偏向研究范式

stroop 范式。Stroop 范式是观察干扰抑制的经典范式(Crombez et al., 2000),其基本原理在于通过呈现用不同颜色写成的单词,要求被试尽快且正确地说出每个词的颜色,而不理会这个词的名称及其所代表的意义。范式的主要指标为反应时间和正确率。在 Stroop 实验中,被试首先会通过自动化过程读取单词上所写的颜色名称,但当需要执行控制过程时,被试需要抑制自动化过程并专注于字体颜色。这种切换

需要更多的认知资源，从而导致反应时间延长。

点探测范式(Point-probe paradigm, PPP)。点探测范式是探究人类视觉注意的实验范式，涉及注视点、刺激对和探测点的呈现。被试需对探测点位置反应，以评估注意情况。PPP 将刺激呈现与反应阶段分离(Field & Cox, 2008)，通过比较一致与不一致条件下的反应时，评估注意偏向。它能真实测量选择性注意，区分注意定向与脱离困难，并可通过增加中性刺激对进一步细化测量。

自由观看范式。Hermans 等人(1999)提出的自由观看任务，是视觉点探测任务的一种改良形式，专门用于研究个体对特定视觉刺激的注意偏向。此范式同时展示多种视觉刺激给受试者，并给予较长的呈现时间，允许受试者自由观察各个刺激。相较于传统的点探测范式，自由观看任务因更接近日常视觉注意情境而具有较高的生态效度。受试者无需对特定探测点做出反应，而是可自由注视屏幕上的多个刺激。通过测量受试者对负性图片的总注视时间、注视频次、平均注视时间及首次注视点等指标，研究人员能评估个体对负性刺激的注意偏向程度。

空间线索范式。Fox 等人(2001)在 Posner (1980)的空间线索范式(Spatial Cueing Paradigm)基础上，发展了威胁线索下的线索靶子任务范式，用于研究空间注意分配。实验中，先呈现注视点，随后在屏幕两侧展示刺激，并在一侧进行高亮线索化。随后在任意侧呈现靶子，要求参与者按键反应。根据线索与靶子位置关系，实验条件可分为有效和无效线索。有效线索下，若对威胁刺激反应更快，表明注意警觉；无效线索下，若反应更慢，则表明注意脱离困难。尽管此范式有效，但单独呈现目标可能受刺激威胁属性影响，导致反应变慢，影响结果准确性(张禹等, 2014)。

视觉搜索范式(The Visual Search Paradigm)。视觉搜索范式(The Visual Search Paradigm)通过要求被试在混合的视觉场景中区分目标刺激与非目标刺激，来研究个体对特定刺激的注意偏向(Miltner et al., 2004)。该范式允许研究者调整刺激属性，以观察个体对威胁刺激的注意反应。当威胁刺激为目标时，快速反应反映了对威胁的优先注意；而当威胁刺激为分心物时，反应延迟则表明注意被分散。不过，同时呈现目标刺激和分心刺激是该范式的一个挑战，可能影响反应时间的准确性。

视觉导向眼跳任务。视觉导向眼跳任务，也被称为朝向眼跳任务，是一种自动反射朝向任务，它主要受到外部刺激的驱动，而不是受个体意志的控制(Unsworth et al., 2004)。在视觉导向眼跳任务中，被试通常被要求首先专注于屏幕的中心注视点。随后，在屏幕的左侧或右侧会随机呈现一段持续时间的刺激内容。被试的任务是尽快对刺激内容出现的位置进行注视。这种任务能够反映个体在接收到外部刺激时的自动眼动反应，从而揭示视觉注意分配的机制。

综上所述，在注意偏向研究范式中，学者们通常分析大家所熟知的宏观眼动指标——眼跳。而微眼跳作为一种微观眼动指标，逐渐在注意偏向研究中崭露头角。

### 3. 微眼跳概述

微眼跳不同于大家所熟知的眼跳。微眼跳是在注视过程中，发生的不自主的小幅度眼球跳动(Zuber et al., 1965)。这种小幅度眼球跳动呈现出一种类似弹道的眼球运动方式，其整体运动轨迹细腻而线性(Gu et al., 2024)，频率通常为每秒 1 至 3 次，速度大多数时候在 5 至 6 度每秒之间，持续时间为 6 至 30 毫秒，而其幅度则一般小于 1 至 2 度(Betta & Turatto, 2006; Rolfs et al., 2005)。连续发生的微眼跳之间的时间间隔遵循指数分布，这反映了泊松过程的特性，进一步凸显了微眼跳的随机性(Engbert, 2006)。值得注意的是，微眼跳主要是一种双眼协同的运动，特别是对水平方向的运动更为敏感(Engbert & Kliegl, 2003)，同时，这一特性也被现代微眼跳检测算法所利用，以有效减少检测中的噪声(Engbert, 2006)。此外，微眼跳在运动过程中，其最大速度与幅度之间呈现出显著的正相关关系，这被称为“主序列”(Zuber et al., 1965)。

微眼跳与眼跳在神经机制上却有相似性。中脑上丘核的神经活动与微眼跳密切相关，上丘的不同层次处理视觉和运动信息(Hafed et al., 2009; Gandhi et al., 2011)。研究表明，喙侧神经元对微眼跳敏感，而尾侧神经元对大幅度眼跳有反应(Hafed et al., 2009)。此外，脑桥网状结构和中缝全停神经元在编码眼跳和微眼跳中也起作用(Martinez-Conde et al., 2013)。恒河猴实验表明，小脑皮层浦肯野细胞在微眼跳时调整放电率，进一步证实了微眼跳与眼跳的相似性(Arnstein et al., 2015)。总之，研究者从生理机制的角度提供了证据支持，认为在注意偏向的研究范式中，微眼跳与眼跳具有相似的作用。

鉴于微眼跳和传统眼跳指标相似而不同的特点，我们总结了两者的研究者评价。学者普遍认为微眼跳相比于眼跳，更少受自主意识的影响(Pastukhov & Braun, 2010)；有证据表明，包括微眼跳在内的注视眼动比眼跳在视觉中起着更核心的作用(Herrington et al., 2009)；微眼跳具有时间和空间的双重属性，而眼跳指标的分析往往将时间进程和研究结果割裂开，微眼跳的这一特点将进一步完善眼动研究结果(Alexander et al., 2018)；还有研究表明，微眼跳比眼跳更能观测到隐蔽的注意力转移，支持证据主要来自两个方面：集中在视觉知觉上的外部注意和指向工作记忆等内在在表征系统的内部注意(Kashihara et al., 2013)。

综上所述，有确凿证据表明，在注意偏向研究范式中，微眼跳的表现优于眼跳。因此，从2014年开始，研究者们逐渐将注意偏向研究范式与微眼跳结合起来，探讨两者之间的关系。

#### 4. 注意偏向研究范式与微眼跳结合的研究进展

Kashihara 和 Kawai 在 2013 年首次将点探测范式与微眼跳指标相结合来评估注意偏向。在研究中，他们让健康参与者注视屏幕上的十字符号，随后短暂呈现情绪图片(愉快、不愉快、中性或混乱)，随后再次出现十字符号，并随后在屏幕一侧呈现探测点要求判断其位置。结果显示，在不愉快刺激后的特定时间段内，微眼跳频率显著下降。在另一实验中，他们通过同时呈现两种情绪图片，要求参与者记忆并判断随后呈现符号对应的图片位置，发现对不愉快图像的反应时间更短，且微眼跳朝向与目标相反。

Yep 等人在 2018 年使用视觉导向眼跳任务来研究成人 ADHD 和 BD 患者的执行功能和情绪处理。实验中，参与者在看到情绪面孔后需执行眼跳任务，情绪面孔的性别作为线索。结果显示，两类患者在微眼跳任务上的表现与控制组不同，表明微眼跳频率可能是评估这两种疾病的指标。

Krejtz et al. (2020)的研究中使用了空间线索范式，探讨了情感启动对多属性决策过程中微眼跳和信息加工的影响。通过不同的情感启动条件(中性、厌恶、色情)，他发现微眼跳速率受决策前认知努力和情感启动的调节，厌恶情感启动强化了瞳孔和微眼跳对信息加工的反应。

在 2021 年，Wang 和 Munoz (2021)通过视觉导向眼跳任务研究了全局亮度、唤醒和认知信号对瞳孔大小及微眼跳的影响。在实验一中，参与者在黑暗或明亮背景下注视中央固定点，同时通过耳机听取情绪声音，然后进行顺眼跳或反眼跳任务，注视周边目标或相反方向，并对刺激的唤醒度和效价进行评分。结果显示，唤醒信号显著影响瞳孔大小和微眼跳，较大的瞳孔与更高的微眼跳速度相关，而背景亮度对微眼跳无显著影响。在实验二中，参与者在固定背景亮度下注视中央固定点，通过颜色提示进行朝向眼跳或反向眼跳任务，并忽略部分试验中出现的干扰物。结果表明，认知信号显著影响瞳孔大小和微眼跳。较高的认知负荷(反眼跳任务)导致较大的瞳孔速度和更高的微眼跳速度，而瞳孔直径无显著变化。

同样在 2021 年，Chen 等人(2021)通过视觉导向眼跳任务研究了觉醒、眼跳准备和亮度对微眼跳行为的影响。在第一项研究中，参与者在明亮或黑暗背景中央注视固定点，随后呈现情绪听觉刺激，并通过固定点颜色变化指示进行朝向眼跳或反向眼跳。中央固定点消失后，周边目标出现，参与者回答两个关于听觉刺激的主观问题。第二项研究采用持续性注意范式，探讨全局亮度对微眼跳行为的直接影响。结果显示，微眼跳行为显著受任务准备和全局亮度水平的调节，但不受情绪觉醒的显著影响。此外，微眼

跳行为的调节依赖于觉醒、眼跳任务准备和亮度的变化。

这些发现表明, 注意偏向研究范式可以有效地与微眼跳结合, 为后续研究者在注意偏向研究范式中纳入微眼跳提供了有力的证据。

## 5. 微眼跳在注意偏向研究中的影响因素

我们整理出了对微眼跳朝向和频率存在影响的因素, 以期更好地指导研究者在注意偏向研究范式中结合微眼跳指标进行分析。

### 5.1. 微眼跳朝向的影响因素

通过对过去研究的梳理, 我们总结了眼跳朝向与注意力转移联系起来的四个核心特征(Gu et al., 2024):

线索类型对微眼跳的影响。Baumeler 等人(2020)的研究发现, 在注意排斥效应下, 微眼跳倾向于朝线索方向移动, 这揭示了注意力的微妙变化。具体来说, 外源性线索能迅速强烈地改变微眼跳的方向(Muller & Rabbitt, 1989), 而内源性线索的影响则较为温和且延迟(Laubrock et al., 2005)。

早期视觉皮质的参与。Meyberg 等人(2015)的研究揭示了注意转移与早期视觉皮质活动的关联。他们发现, 与微眼跳同侧的枕部头皮部位的 P1/N1 电位成分在微眼跳方向偏差后出现显著变化。这表明微眼跳方向与注意力转移相关的神经活动在时间和空间上存在密切关联。

返回抑制对微眼跳的影响。返回抑制现象, 即注意力避免再次回到先前注意过的位置, 对微眼跳的方向产生了显著影响。在无效线索和返回抑制发生的情境中, 微眼跳更可能指向与线索相反的方向(Betta et al., 2007)。这表明微眼跳的方向不仅是对即时注意线索的直接反应, 更是对注意力转移整体策略和模式的体现。

微眼跳方向与注意力表现的关联。证据显示, 非人类灵长类动物研究中, 微眼跳方向与注意力表现直接相关。Hafed 等人(2009)实验表明, 微眼跳指向提示位置后, 目标辨别准确性提升; 偏离则降低。同样的, Wang 等人(2020)进一步探索了注意显著性和优先性对瞳孔直径和微眼跳的调节作用, 揭示了注意优先性对微眼跳方向的影响。

### 5.2. 微眼跳频率的影响因素

通过对过去和近期研究文献及实验结果的详尽整理与分析, 我们发现, 注意力转移对微眼跳频率的影响可以归纳为六大类主要的效应。

微眼跳频率收到物理刺激的调节。视野改变先抑制微眼跳频率, 后显著增至峰值, 再恢复基线(Engbert & Kliegl, 2003)。微眼跳抑制还受对比度、空间频率影响(Bonneh et al, 2015)。Costela 等发现微眼跳与可见性空间频率变化相关, 微眼跳率随可见性升降而升降, 且出现时视觉图像消退。Malevich 等人(2021)发现微眼跳率受刺激大小和极性调节, 大刺激引起延迟减弱的反弹, 黑色小刺激比白色与微眼跳率特征更强相关, 增加早期微眼跳发生率。

微眼跳频率受到内部状态的调节。观察者的知觉状态也影响微眼跳的频率(White & Rolf, 2016)。除此之外, 微眼跳频率还与正在进行的微跳节律振荡中的相位重置有关(Hafed, 2013)。

微眼跳频率受到获得线索的调节。Krejtz 等人的模型表明, 厌恶条件下线索数量与微眼跳频率的斜率显著高于中性条件, 表明获得性线索和情感启动影响微眼跳率, 且微眼跳率随线索数量增加而线性减少。

微眼跳受到外源性情绪的调节。Kashihara 等人(2013)的研究揭示了外源性情绪刺激对微眼跳动力学的影响。他们发现, 在特定时间窗内(发作后 300~600 毫秒), 与中性、愉快和混乱的图像相比, 不愉快

图像显著抑制了微眼球率的事件相关反应。Kashihara (2020)进一步探索了情绪注意对微眼跳的影响,指出不仅基本情绪,还包括复杂情绪如嫉妒、内疚等,都可能通过注意过程(自上而下或自下而上)影响微眼跳频率。

特征样人群对微眼跳频率的影响。Panagiotidi 等人(2017)通过持续性注意范式的研究发现,具有高水平 ADHD (注意力缺陷及多动障碍)样特征的非临床参与者展现出较高的微眼跳率,这一发现揭示了 ADHD 样特征与微眼跳率之间的潜在关联。Shirama 等人(2016)的研究则揭示了 ASD (自闭症谱系障碍)患者在无目标注视时表现出不稳定的注视行为,具体表现为微眼跳幅度和频率的增。Yep 等人(2018)的研究表明,与健康人群相比,ADHD 和 BD (双相情感障碍)患者在进行朝向眼跳和反眼跳任务时未能展现出微眼跳率的相应调节,这进一步说明了这些障碍对眼动控制的影响。贺伟(2023)利用眼动指标研究了不同强迫倾向个体在有无中央注视点及外周刺激条件下的微眼跳差异。研究结果显示,高强迫倾向组在两种条件下均表现出更高的微眼跳率。

注意瞬脱(the attentional blink)对微眼跳频率的影响。Roberts 等人(2019)考虑了在注意瞬脱当中微眼跳的变化,发现当前一个目标 T1 出现时微眼跳率出现变化,表现为 200~328 ms 之间受到抑制,而在 380~568 ms 之间增强,而对后一个目标 T2 来说, T2 的可检测性越低,微眼跳率抑制越明显,作者认为这可能会降低注意瞬脱期间的视觉皮质兴奋性。

## 6. 结论和展望

微眼跳作为新兴眼动指标,在注意偏向研究中展示了独特优势。本文首先整理了注意偏向研究范式,然后对微眼跳进行了概述,并梳理了注意偏向研究范式与微眼跳结合的研究进展。研究结果显示,微眼跳指标和传统眼动指标在注意偏向研究领域具有相似的作用,但在某些方面微眼跳表现出优于传统眼动指标的特点,且注意偏向研究范式可以有效地与微眼跳结合。因此,建议研究者在更多注意偏向研究范式中结合微眼跳指标进行分析,同时也需要增加对微眼跳的影响因素的关注度。

未来的研究可以在以下几个方面进一步探索微眼跳在注意偏向研究中的应用:多范式结合研究:将微眼跳指标与更多的注意偏向研究范式结合,探索其在不同情境下的应用效果,以验证其普适性和有效性。深入研究不同特征人群(如 ADHD、ASD、焦虑症、抑郁症等)中的微眼跳特征,以期通过微眼跳指标实现对这些群体的早期筛查和诊断;继续优化微眼跳的检测和分析技术,提升数据的准确性和可靠性,减少实验中的噪声干扰;开展长时程的动态跟踪研究,观察微眼跳指标在不同时间点和情境下的变化规律,揭示注意力分配的长期动态过程,促进心理学、神经科学、计算机科学等学科的跨领域合作,共同推动微眼跳研究的深入和应用,为理解注意力机制和改善心理健康提供新的理论和实践支持。

总的来说,微眼跳为注意偏向研究提供了新视角,未来具有广泛应用前景。

## 参考文献

- 贺伟(2023). 高、低强迫倾向个体的微眼跳差异. 硕士学位论文, 成都: 成都医学院.
- 张禹, 罗禹, 赵守盈, 陈维, 李红(2014). 对威胁刺激的注意偏向: 注意定向加速还是注意解除困难? *心理科学进展*, 22(7), 1129-1138.
- Alexander, R. G., Macknik, S. L., & Martinez-Conde, S. (2018). Microsaccade Characteristics in Neurological and Ophthalmic Disease. *Frontiers in Neurology*, 9, Article 144. <https://doi.org/10.3389/fneur.2018.00144>
- Arnstein, D., Junker, M., Smilgin, A., Dicke, P. W., & Thier, P. (2015). Microsaccade Control Signals in the Cerebellum. *The Journal of Neuroscience*, 35, 3403-3411. <https://doi.org/10.1523/jneurosci.2458-14.2015>
- Baumeler, D., Schönhammer, J. G., & Born, S. (2020). Microsaccade Dynamics in the Attentional Repulsion Effect. *Vision Research*, 170, 46-52. <https://doi.org/10.1016/j.visres.2020.03.009>
- Betta, E., & Turatto, M. (2006). Are You Ready? I Can Tell by Looking at Your Microsaccades. *NeuroReport*, 17,

- 1001-1004. <https://doi.org/10.1097/01.wnr.0000223392.82198.6d>
- Betta, E., Galfano, G., & Turatto, M. (2007). Microsaccadic Response during Inhibition of Return in a Target-Target Paradigm. *Vision Research*, 47, 428-436. <https://doi.org/10.1016/j.visres.2006.09.010>
- Bonneh, Y. S., Adini, Y., & Polat, U. (2015). Contrast Sensitivity Revealed by Microsaccades. *Journal of Vision*, 15, Article 11. <https://doi.org/10.1167/15.9.11>
- Chen, J., Yep, R., Hsu, Y., Cherng, Y., & Wang, C. (2021). Investigating Arousal, Saccade Preparation, and Global Luminance Effects on Microsaccade Behavior. *Frontiers in Human Neuroscience*, 15, Article 602835. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2021.602835>
- Crombez, G., Hermans, D., & Adriaensen, H. (2000). The Emotional Stroop Task and Chronic Pain: What Is Threatening for Chronic Pain Sufferers? *European Journal of Pain*, 4, 37-44. <https://doi.org/10.1053/euip.1999.0149>
- De Voogd, E. L., Wiers, R. W., & Salemink, E. (2017). Online Visual Search Attentional Bias Modification for Adolescents with Heightened Anxiety and Depressive Symptoms: A Randomized Controlled Trial. *Behaviour Research and Therapy*, 92, 57-67. <https://doi.org/10.1016/j.brat.2017.02.006>
- Dear, B. F., Sharpe, L., Nicholas, M. K., & Refshauge, K. (2011). The Psychometric Properties of the Dot-Probe Paradigm When Used in Pain-Related Attentional Bias Research. *The Journal of Pain*, 12, 1247-1254. <https://doi.org/10.1016/j.jpain.2011.07.003>
- Engbert, R. (2006). Microsaccades: A Microcosm for Research on Oculomotor Control, Attention, and Visual Perception. *Progress in Brain Research*, 154, 177-192. [https://doi.org/10.1016/s0079-6123\(06\)54009-9](https://doi.org/10.1016/s0079-6123(06)54009-9)
- Engbert, R., & Kliegl, R. (2003). Microsaccades Uncover the Orientation of Covert Attention. *Vision Research*, 43, 1035-1045. [https://doi.org/10.1016/s0042-6989\(03\)00084-1](https://doi.org/10.1016/s0042-6989(03)00084-1)
- Field, M., & Cox, W. (2008). Attentional Bias in Addictive Behaviors: A Review of Its Development, Causes, and Consequences. *Drug and Alcohol Dependence*, 97, 1-20. <https://doi.org/10.1016/j.drugalcdep.2008.03.030>
- Fox, E., Russo, R., Bowles, R., & Dutton, K. (2001). Do Threatening Stimuli Draw or Hold Visual Attention in Subclinical Anxiety? *Journal of Experimental Psychology: General*, 130, 681-700. <https://doi.org/10.1037/0096-3445.130.4.681>
- Gandhi, N. J., & Katnani, H. A. (2011). Motor Functions of the Superior Colliculus. *Annual Review of Neuroscience*, 34, 205-231. <https://doi.org/10.1146/annurev-neuro-061010-113728>
- Gu, Q., Zhang, Q., Han, Y., Li, P., Gao, Z., & Shen, M. (2024). Microsaccades Reflect Attention Shifts: A Mini Review of 20 Years of Microsaccade Research. *Frontiers in Psychology*, 15, Article 1364939. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2024.1364939>
- Hafed, Z. M. (2013). Alteration of Visual Perception Prior to Microsaccades. *Neuron*, 77, 775-786. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2012.12.014>
- Hafed, Z. M., Goffart, L., & Krauzlis, R. J. (2009). A Neural Mechanism for Microsaccade Generation in the Primate Superior Colliculus. *Science*, 323, 940-943. <https://doi.org/10.1126/science.1166112>
- Hermans, D., Vansteenwegen, D., & Eelen, P. (1999). Eye Movement Registration as a Continuous Index of Attention Deployment: Data from a Group of Spider Anxious Students. *Cognition & Emotion*, 13, 419-434. <https://doi.org/10.1080/026999399379249>
- Herrington, T. M., Masse, N. Y., Hachmeh, K. J., Smith, J. E. T., Assad, J. A., & Cook, E. P. (2009). The Effect of Microsaccades on the Correlation between Neural Activity and Behavior in Middle Temporal, Ventral Intraparietal, and Lateral Intraparietal Areas. *The Journal of Neuroscience*, 29, 5793-5805. <https://doi.org/10.1523/jneurosci.4412-08.2009>
- Kashihara, K. (2020). Microsaccadic Modulation Evoked by Emotional Events. *Journal of Physiological Anthropology*, 39, Article No. 26. <https://doi.org/10.1186/s40101-020-00238-6>
- Kashihara, K., Okanoya, K., & Kawai, N. (2013). Emotional Attention Modulates Microsaccadic Rate and Direction. *Psychological Research*, 78, 166-179. <https://doi.org/10.1007/s00426-013-0490-z>
- Krejtz, K., Żurawska, J., Duchowski, A., & Wichary, S. (2020). Pupillary and Microsaccadic Responses to Cognitive Effort and Emotional Arousal during Complex Decision Making. *Journal of Eye Movement Research*, 13, Article 2. <https://doi.org/10.16910/jemr.13.5.2>
- Laubrock, J., Engbert, R., & Kliegl, R. (2005). Microsaccade Dynamics during Covert Attention. *Vision Research*, 45, 721-730. <https://doi.org/10.1016/j.visres.2004.09.029>
- Leung, K., Lee, T. M. C., Yip, P., Li, L. S. W., & Wong, M. M. C. (2009). Selective Attention Biases of People with Depression: Positive and Negative Priming of Depression-Related Information. *Psychiatry Research*, 165, 241-251. <https://doi.org/10.1016/j.psychres.2007.10.022>
- Malevich, T., Buonocore, A., & Hafed, Z. M. (2021). Dependence of the Stimulus-Driven Microsaccade Rate Signature in Rhesus Macaque Monkeys on Visual Stimulus Size and Polarity. *Journal of Neurophysiology*, 125, 282-295. <https://doi.org/10.1152/jn.00304.2020>

- Martinez-Conde, S., Otero-Millan, J., & Macknik, S. L. (2013). The Impact of Microsaccades on Vision: Towards a Unified Theory of Saccadic Function. *Nature Reviews Neuroscience*, *14*, 83-96. <https://doi.org/10.1038/nrn3405>
- Meyberg, S., Werkle-Bergner, M., Sommer, W., & Dimigen, O. (2015). Microsaccade-related Brain Potentials Signal the Focus of Visuospatial Attention. *NeuroImage*, *104*, 79-88. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2014.09.065>
- Miltner, W. H. R., Krieschel, S., Hecht, H., Trippe, R., & Weiss, T. (2004). Eye Movements and Behavioral Responses to Threatening and Nonthreatening Stimuli during Visual Search in Phobic and Nonphobic Subjects. *Emotion*, *4*, 323-339. <https://doi.org/10.1037/1528-3542.4.4.323>
- Müller, H. J., & Rabbitt, P. M. (1989). Reflexive and Voluntary Orienting of Visual Attention: Time Course of Activation and Resistance to Interruption. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *15*, 315-330. <https://doi.org/10.1037/0096-1523.15.2.315>
- Naim, R., Kivity, Y., Bar-Haim, Y., & Huppert, J. D. (2018). Attention and Interpretation Bias Modification Treatment for Social Anxiety Disorder: A Randomized Clinical Trial of Efficacy and Synergy. *Journal of Behavior Therapy and Experimental Psychiatry*, *59*, 19-30. <https://doi.org/10.1016/j.jbtep.2017.10.006>
- Panagiotidi, M., Overton, P., & Stafford, T. (2017). Increased Microsaccade Rate in Individuals with ADHD Traits. *Journal of Eye Movement Research*, *10*, 1-9. <https://doi.org/10.16910/10.1.6>
- Pastukhov, A., & Braun, J. (2010). Rare But Precious: Microsaccades Are Highly Informative about Attentional Allocation. *Vision Research*, *50*, 1173-1184. <https://doi.org/10.1016/j.visres.2010.04.007>
- Posner, M. I. (1980). Orienting of Attention. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *32*, 3-25. <https://doi.org/10.1080/00335558008248231>
- Priebe, J. A., Messingschlager, M., & Lautenbacher, S. (2014). Gaze Behaviour When Monitoring Pain Faces: An Eye-Tracking Study. *European Journal of Pain*, *19*, 817-825. <https://doi.org/10.1002/ejp.608>
- Roberts, M. J., Lange, G., Van Der Veen, T., Lowet, E., & De Weerd, P. (2019). The Attentional Blink Is Related to the Microsaccade Rate Signature. *Cerebral Cortex*, *29*, 5190-5203. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhz058>
- Rolf, M., Engbert, R., & Kliegl, R. (2005). Crossmodal Coupling of Oculomotor Control and Spatial Attention in Vision and Audition. *Experimental Brain Research*, *166*, 427-439. <https://doi.org/10.1007/s00221-005-2382-y>
- Shirama, A., Kanai, C., Kato, N., & Kashino, M. (2016). Ocular Fixation Abnormality in Patients with Autism Spectrum Disorder. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, *46*, 1613-1622. <https://doi.org/10.1007/s10803-015-2688-y>
- Unsworth, N., Schrock, J. C., & Engle, R. W. (2004). Working Memory Capacity and the Antisaccade Task: Individual Differences in Voluntary Saccade Control. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, *30*, 1302-1321. <https://doi.org/10.1037/0278-7393.30.6.1302>
- Van Bockstaele, B., Lamens, L., Salemink, E., Wiers, R. W., Bögels, S. M., & Nikolaou, K. (2019). Reliability and Validity of Measures of Attentional Bias Towards Threat in Unselected Student Samples: Seek, but Will You Find? *Cognition and Emotion*, *34*, 217-228. <https://doi.org/10.1080/02699931.2019.1609423>
- Wang, C., & Munoz, D. P. (2021). Differentiating Global Luminance, Arousal and Cognitive Signals on Pupil Size and Microsaccades. *European Journal of Neuroscience*, *54*, 7560-7574. <https://doi.org/10.1111/ejn.15508>
- Wang, C., Huang, J., Brien, D. C., & Munoz, D. P. (2020). Saliency and Priority Modulation in a Pop-Out Paradigm: Pupil Size and Microsaccades. *Biological Psychology*, *153*, Article ID: 107901. <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2020.107901>
- White, A. L., & Rolf, M. (2016). Oculomotor Inhibition Covaries with Conscious Detection. *Journal of Neurophysiology*, *116*, 1507-1521. <https://doi.org/10.1152/jn.00268.2016>
- Wirth, B. E., & Wentura, D. (2020). It Occurs After All: Attentional Bias Towards Happy Faces in the Dot-Probe Task. *Attention, Perception, & Psychophysics*, *82*, 2463-2481. <https://doi.org/10.3758/s13414-020-02017-y>
- Yep, R., Soncin, S., Brien, D. C., Coe, B. C., Marin, A., & Munoz, D. P. (2018). Using an Emotional Saccade Task to Characterize Executive Functioning and Emotion Processing in Attention-Deficit Hyperactivity Disorder and Bipolar Disorder. *Brain and Cognition*, *124*, 1-13. <https://doi.org/10.1016/j.bandc.2018.04.002>
- Zuber, B. L., Stark, L., & Cook, G. (1965). Microsaccades and the Velocity-Amplitude Relationship for Saccadic Eye Movements. *Science*, *150*, 1459-1460. <https://doi.org/10.1126/science.150.3702.1459>