

# “跟谁看”和“以为跟谁看”： 注视线索及其社会性信息对眼动榜样样例效应的影响\*

张俐娟 陈登水 咎晓琪 张锦坤\*\*  
(福建师范大学心理学院, 福州, 350117)

**摘要** 眼动榜样样例效应表明专家注视线索能够引导注意力和促进学习。研究发现, 学习者对注视线索的社会性信念可能影响该效应。两个实验考察了眼动榜样样例效应中注视线索的作用机制。实验1探讨注视线索及其相关的社会性信念对眼动榜样样例学习中注意力分配和学习效果的影响; 实验2进一步探讨注视线索类型(专家、同辈)及其相关的社会性信念(指导语为专家、同辈)在其中的作用。结果发现, 注视线索具有注意引导作用, 且较少受学习者社会性信念的影响; 当学习者认为注视线索来自专家时, 表现出更高的学习动机, 学习成绩更好。研究表明眼动榜样样例学习中注视线索在引导注意和促进学习方面的作用机制可能不同, 注视线索具有稳定的注意引导作用, 而学习者对注视线索的社会性信念则显著地影响学习效果。

**关键词** 眼动样例 注视线索 社会性信息 多媒体学习

## 1 引言

眼动榜样样例(eye movement modelling examples, EMME)是一种通过记录专家在学习或解决问题过程中的眼球运动, 并将其叠加于视频材料上以展示给新手学习的教学方法(谢和平等, 2018; Jarodzka et al., 2013; Tunga & Cagiltay, 2023)。现代多媒体学习结合语词(书面或口头文本)与画面(静态或动态)信息的呈现方式, 使课堂教学更加丰富灵活(Ehrhart & Lindner, 2023; Mayer, 2021)。EMME作为一种教学手段, 可以为提升多媒体学习效果提供额外指导。研究表明, 通过同步专家和学习者的眼球运动, EMME能够引导学习者将注意力集中于关键区域, 帮助他们高效处理图像和文本信息, 进而促进图文信息的加工与整合, 最终提升多媒体学习效果(Mason et al., 2017; Scheiter et al., 2018; Wang et al., 2020)。

以往研究主要从注意力和(元)认知角度解释了EMME促进多媒体学习的有效性。例如, 根据多媒体学习的信号原则(Albus et al., 2021; Alpizar et al., 2020), 将专家的眼球运动轨迹添加到视频

样例上可以作为一种突显刺激(信号), 有效引导学习者的注意力并提高搜索速率, 最终提升学习效果(Chisari et al., 2020; Jarodzka et al., 2013; van Gog et al., 2009)。此外, 通过观察专家加工图文信息的视觉路径(如位置、时间和顺序), 有助于学习者优化或学习新的认知加工策略(Mason et al., 2017; Scheiter et al., 2018)。另外, 多媒体学习的认知加工理论(cognitive theory of multimedia learning, CTML)强调, 有效的学习需要学习者选择相关语词或图像信息到言语或视觉工作记忆中进行组织加工, 并与现有知识进行整合, 最终建立连贯的心理模型(Mayer, 2021)。因此, EMME作为一种辅助教学方法, 能够有效引导注意力, 指导学习者从图文材料中选择、组织和整合信息, 促进高效学习。

新近研究提出, 专家注视线索能够有效引导注意力或促进学习, 其中社会性信息可能起重要作用(Krebs et al., 2019, 2021)。具体而言, 眼睛注视等社会线索具有反射性注意定向特性, 即使注视线索不具有预测作用, 个体的注意仍会自发地被吸引到线索提示的位置(Dalmaso et al., 2020; Friesen & Kingstone, 1998)。例如, 当他人注视某物时, 个体往往会跟随他人视线注视该物体(Gallagher-Mitchell

\* 本研究得到全国教育科学规划国家一般课题(BBA220203)的资助。

\*\* 通讯作者: 张锦坤, E-mail: jinkunzhang@126.com

DOI:10.16719/j.cnki.1671-6981.20260303

et al., 2018; Symons et al., 2004)。因此,相较于其他物理线索(如高亮、加粗等),专家注视线索在注意引导方面可能还包含了社会性因素的作用,使其注意引导更为有效。例如,研究发现注视线索在呈现 100ms 后即可观察到提示效应(Schuller & Rossion, 2001),而物理线索需要 300ms 才能观察到该效应(Müller & Rabbitt, 1989)。此外,社会代理理论(social agency theory)指出,在社会线索的引导下,学习者易将学习情境视为与他人进行社会互动的一种形式,这有助于他们更深入地理解学习内容并参与更多的意义建构过程,有效促进学习(Li et al., 2023; Moreno et al., 2001)。因此,眼球运动作为一种社会线索,能够有效引导学习者的注意力分配,并对深化学习产生积极影响。

然而,另有研究表明,注视线索的注意引导作用并不仅仅取决于其引导眼睛注视图像或文本信息的有效性。实际上,注视线索的社会性信息,例如学习者对注视线索的社会性信念(即他们是否将物理圆点感知为榜样的注视行为),也能显著影响其注意引导作用。例如,通过引导被试相信物理线索(如“汽车”)的提示方向反映他人的注视方向(Eskenazi et al., 2016),或通过文本描述他人的注视方向(Tipples et al., 2019),均发现了稳定的注视线索提示效应。此外, Van Wermeskerken 等人(2018)发现,个体能够将移动的圆圈(物理线索)解释为他人眼球运动的可视化,并据此推断他人的注意目标。与这些发现相一致, Gobel 等人(2018)发现,在视觉搜索任务中,当被试被告知物理线索(红点)代表同辈注视时,他们的表现优于被告知红点为随机生成的物理线索。此外, Krebs 等人(2019)的研究也发现,在同一 EMME 学习中,低经验学习者只有在认为眼动样例由同辈(而非专家)录制时才获益。因此,在 EMME 学习中,学习者的社会性信念可能影响注意力分配和学习效果。

由此,尽管以往关于 EMME 的研究证实了注视线索在引导注意和促进学习方面的积极作用(Xie et al., 2021),但其具体作用机制仍不明确。其中,注视线索的社会性信息(如学习者对注视线索的社会性信念)可能是影响 EMME 效应的重要原因(Krebs et al., 2019, 2021)。社会认知学习理论(social-cognitive learning theory)认为,认知技能的习得主要通过观察他人实现,尤其是那些运用这些技能取得较好学习效果的榜样(Bandura, 1986; Schunk, 1987)。因此,

当学习者感知到眼动轨迹由专家录制时,他们倾向于认为专家所传递的信息具有较高价值,从而更积极地跟随眼动轨迹,并对学习内容进行深入加工,最终取得较好的学习效果。目前,关于注视线索及其社会性信息如何具体影响 EMME 效应仍需进一步考察与验证。具体而言,EMME 效应是由注视线索本身的有效性决定,还是同时受到注视线索有效性与相关的社会性信念的共同作用,这一问题仍有待明确。

基于此,本研究实验 1 首先考察学习者对同一专家注视线索的不同社会性信念(指导语表明注视线索由专家、同辈或电脑随机生成)是否影响其注意力分配和学习效果,以探讨注视线索的社会性信息对 EMME 效应的影响。另一方面,尽管学习者对注视线索的社会性信念可能影响 EMME 效应,但大量眼动研究表明,专家与新手在注意力分配上存在显著差异。例如,经验丰富的专家能够迅速集中注意力于关键信息(自上而下的注意力分配);而新手则易被非关键区域吸引(自下而上的注意力分配),尤其是在视频材料中,新手往往难以在规定时间内关注到重要信息(Jarodzka et al., 2010; Spanjers et al., 2010)。考虑到注视线索具有反射性注意定向特性(Dalmaso et al., 2020; Friesen & Kingstone, 1998),即使被试认为专家注视线索由专家或新手录制,他们仍可能无意识地跟随这些线索,从而产生较好的注意力分配和学习效果(即专家注视线索本身有效)。因此,为进一步验证实验 1 结果,实验 2 引入注视线索类型(专家,同辈)条件,进一步考察注视线索类型(即“跟谁看”)及其相关的社会性信念(指导语:专家,同辈)(即学习者“以为跟谁看”)对注意力分配和学习效果的影响,以揭示注视线索在 EMME 效应中的作用机制。基于社会认知学习理论、社会代理理论以及社会线索相关文献,研究假设如下。

假设 1: 实验 1 中,相比无眼动样例组,眼动样例组三组学习者均表现出更好的注意力分配和学习成绩(社会线索的反射性注意定向特性和信号原则)。此外,专家和同辈指导语组的注意力分配和学习成绩优于电脑随机生成指导语组(社会代理理论),其中专家指导语组优于同辈指导语组(社会认知学习理论)。

假设 2: 实验 2 中,相比同辈注视线索,专家注视线索条件下学习者表现出更好的注意力分配和

学习成绩（社会线索的反射性注意定向特性）；且同辈注视线索条件下，专家指导语组的注意分配和学习成绩优于同辈指导语组（社会认知学习理论）。

## 2 实验 1

本研究目的为通过操控指导语，引导学习者对注视线索形成不同的社会性信念，考察注视线索的社会性信息对 EMME 效应的影响。

### 2.1 方法

#### 2.1.1 被试与研究设计

实验采用单因素被试间实验设计，通过操控指导语设置三种不同社会性信念的眼动样例组：榜样样例组（专家指导语）、同辈样例组（同辈指导语）和物理线索组（电脑随机生成指导语），另设一无眼动样例组为控制组。

采用 G\*Power 软件计算样本量，在效应量  $f = .35$ ，显著性水平  $\alpha = .05$  时，达到 85% 统计效力所需的样本量为 108 人。实际招募 144 名大学生，剔除 4 名眼动校准失败的被试后，最终有效被试为 140 人，平均年龄为  $20.07 \pm 2.10$  岁。被试随机分配至四组，每组各 35 人。所有被试在实验前均签署知情同意书，并确认其视力或矫正视力正常。实验结束后，每位被试获得一份礼物或学分作为报酬。

#### 2.1.2 实验材料

多媒体学习材料以“突触的传递过程”为主题，系统阐述了神经元之间突触传递的工作原理。动画视频源自医学知识平台（<https://www.amboss.com/us>），并由动画专业研究生使用 EVAVE 软件进行编辑与优化。语词由一位具有丰富生物教学经验的教师定稿并录制（共计 606 字）。为提高生态效度，动画时长被控制在较短时间内（Fiorella & Mayer, 2018），共 168 秒，分辨率为  $800 \times 600$ 。

在无眼动样例组中，动画呈现时屏幕上未提供任何注视线索。眼动样例组中，眼动轨迹由一位对材料非常熟悉的理工类研究生录制，录制前被告知其眼动轨迹将用于教学指导，并被明确要求注视关键信息。例如，根据多媒体学习的认知加工理论，该榜样需阅读文字信息并观看相应图片，并在两者之间来回切换注意力（Krebs et al., 2019）。视频学习结束后，用眼动仪导出眼动轨迹以制作样例。榜样的眼球运动以半透明绿点的形式可视化呈现，当注视点改变时，之前的绿点消失，新的绿点随即出现。三组眼动样例组的眼动轨迹完全一致，仅指导语不同。实验材料如图 1 所示。

前测问卷。前测问卷（总分 10 分）包括 5 道单项选择题（每题 1 分，共 5 分）和 3 道填空题（总计 5 空，共 5 分）。这些问题旨在评估被试对神经传递的先验知识，如“下列有关兴奋传导的叙述，正确的一项是（ ）”、“神经系统的基本结构和功能单位是\_\_\_。”该问卷在本研究中的信度系数为 Cronbach's  $\alpha = .71$ 。

后测问卷。后测包含保持和迁移测验。保持测验包括 7 道填空题（9 个关键信息点，共 9 分）和 1 道论述题（11 个关键信息点，共 11 分）。论述题主要考察被试的识记能力，如“根据刚才阅读过的材料写下关于突触传递的所有步骤”。保持测试题目的信度系数为 Cronbach's  $\alpha = .75$ 。迁移测验包括 4 道开放性论述题（每题 5 分，共 20 分），主要考察被试运用所学内容解决问题的能力，如“请简述影响化学突触传递的因素”，每个合理的简述得 1 分。迁移测试题目的信度系数为 Cronbach's  $\alpha = .81$ 。

#### 2.1.3 实验仪器

采用加拿大 SR research 公司生产的 Eyelink 1000 plus 型号眼动仪收集数据，眼动仪采样频率为

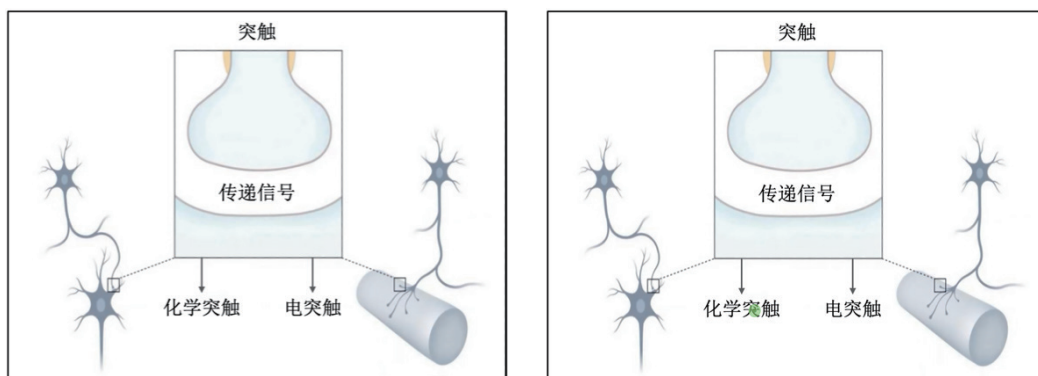


图 1 学习材料动画截图：无眼动样例（左）和眼动样例组（右）

1000Hz, 刷新频率为 144Hz。视频呈现在分辨率为 1024 × 768 的屏幕上。

#### 2.1.4 实验程序

被试完成前测问卷后被随机分配到四组中的任意一组。随后, 主试介绍实验流程, 告知被试将学习一段关于“突触的传递过程”的教学视频, 之后完成相关测试。此外, 在眼动样例三组中, 榜样样例组的指导语为: “视频中的绿点代表一位优秀学习者的眼球运动, TA 在测验中得了满分”; 同辈样例组的指导语为: “视频中的绿点是随机选取的一

位先前学习者的眼球运动”; 物理线索组的指导语为: “视频中的绿点是电脑随机生成的”。被试了解实验程序后开始九点校准, 随后进行学习。视频结束后, 被试完成 1 分钟的加减运算, 随后完成保持和迁移测试。整个实验约 30 分钟。

## 2.2 结果

### 2.2.1 不同眼动样例组的先验知识得分

对不同眼动样例组的先验知识得分进行单因素方差分析, 以确定实验结果不受先验知识水平的影响。结果表明, 如表 1 所示, 不同眼动样例组在先验知识得分上的主效应不显著, 各组间的先验知识

表 1 不同眼动样例组的先验知识得分、测试成绩和眼动结果

	榜样样例	同辈样例	物理线索	控制组
先验知识	3.04(1.37)	2.91(1.44)	2.83(1.38)	2.93(1.42)
保持成绩	9.03(2.90)	7.43(2.27)	7.07(3.27)	7.19(2.87)
迁移成绩	7.36(2.36)	5.59(2.39)	5.54(3.33)	5.41(2.71)
兴趣区注视比例	.55(.07)	.55(.04)	.55(.05)	.48(.04)
首次注视前时间(ms)	482.83(187.57)	515.48(172.82)	511.62(211.54)	640.88(216.20)

注: 括号内为标准差, 下同。

得分不存在显著差异,  $F(3, 136) = .14, p > .05$ 。

### 2.2.2 测试成绩

对榜样样例组、同辈样例组、物理线索组和控制组的保持和迁移成绩进行单因素方差分析。结果发现, 如表 1 所示, 在保持测验上, 不同眼动样例组主效应显著,  $F(3, 136) = 3.58, p < .05, \eta_p^2 = .07$ 。事后比较分析表明, 榜样样例组的保持成绩显著高于同辈样例组 ( $p < .05, 95\%CI = [.25, 2.95]$ )、物理线索组 ( $p < .01, 95\%CI = [.61, 3.30]$ ) 和控制组 ( $p < .01, 95\%CI = [.05, 3.19]$ )。其他组间差异均不显著,  $|ps| > .05$ 。

在迁移成绩上, 不同眼动样例组主效应显著,  $F(3, 136) = 4.02, p < .01, \eta_p^2 = .08$ 。事后比较分析表明, 榜样样例组的迁移成绩显著高于同辈样例组 ( $p < .01, 95\%CI = [.48, 3.06]$ )、物理线索组 ( $p < .01, 95\%CI = [.53, 3.10]$ ) 和控制组 ( $p < .01, 95\%CI = [.65, 3.23]$ )。其他组间差异均不显著,  $|ps| > .05$ 。

### 2.2.3 眼动结果

采用以下两个眼动指标考察社会性信念对 EMM 学习中注意分配的影响 (Chisari et al., 2020; Wang et al., 2020): (1) 兴趣区注视比例 (percentage of fixation in area of interest, 指落入兴趣区的注视时间占整个时间的比例。比例越高, 学习者对兴趣区

的加工时间越长); (2) 首次注视前时间 (time to first fixation on relevant AOIs, 指直到进入兴趣区后第一次注视前的时间, 本实验以所有兴趣区的平均首次注视前时间为指标。数值越小, 说明被试对兴趣区的关注度越高, 越能较快将注意力集中于兴趣区)。实验材料共包括 35 个包含重要元素 (文字 + 图片) 的兴趣区 (部分兴趣区如图 2 所示)。兴趣区平均时长为 12468 毫秒 (范围: 1883ms~43615ms), 平均大小为 21301 像素 (范围: 3640 像素~92400 像素)。

对兴趣区注视比例和首次注视前时间进行单因素方差分析。结果发现, 如表 1 所示, 在兴趣区注视比例上, 不同眼动样例组主效应显著,  $F(3, 136) = 14.47, p < .001, \eta_p^2 = .24$ 。事后比较分析表明, 榜样样例组 ( $p < .001, 95\%CI = [.04, .09]$ )、同辈样例组 ( $p < .001, 95\%CI = [.04, .09]$ ) 和物理线索组 ( $p < .001, 95\%CI = [.05, .09]$ ) 的兴趣区注视比例显著高于控制组。其他组间差异均不显著,  $ps > .05$ 。

在首次注视前时间 (单位为毫秒, 下同) 上, 不同眼动样例组主效应显著,  $F(3, 136) = 4.42, p < .01, \eta_p^2 = .09$ 。事后比较分析表明, 榜样样例组 ( $p < .01, 95\%CI = [-251.56, -64.53]$ )、同辈样例组 ( $p < .01, 95\%CI = [-218.92, -31.88]$ ) 和物理线索组 ( $p < .01, 95\%CI = [-222.77, -35.74]$ ) 的首次注视前时间

均显著短于控制组。其他组间差异均不显著,  $p_s > .05$ 。

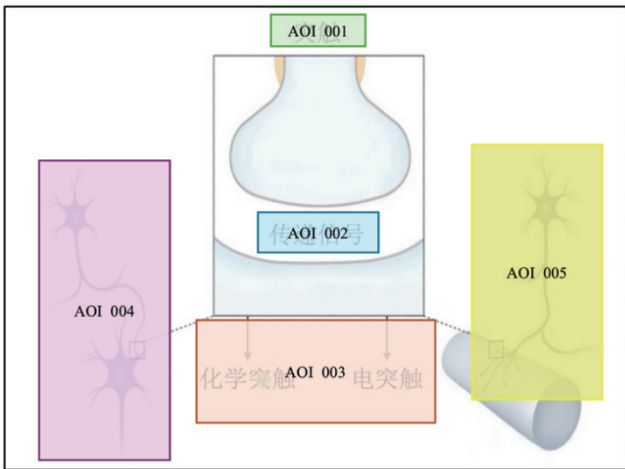


图2 五个兴趣区叠加在一张图片上的示例

### 2.3 讨论

实验1结果发现,与控制组相比,眼动样例组学习者在兴趣区的注视比例更高,首次注视前时间更短。这一结果验证了EMME中注视线索在引导注意力方面的有效性,部分支持了假设1。此外,榜样样例组的保持和迁移成绩均显著优于同辈样例组、物理线索组和控制组,而后三组之间的测试成绩没有显著差异。这表明,眼动样例对学习效果的促进作用仅在学习者认为眼动轨迹由专家录制时才有效。然而,实验1未能明确区分注视线索有效性与相关的社会性信念对学习效果的影响。实验2对此加以探讨。

## 3 实验2

目的:探讨注视线索类型(专家、同辈)及其相关的社会性信念(指导语为专家、同辈)对EMME效应的影响。即看谁的眼动轨迹更重要,还是以为看谁的眼动轨迹更重要?

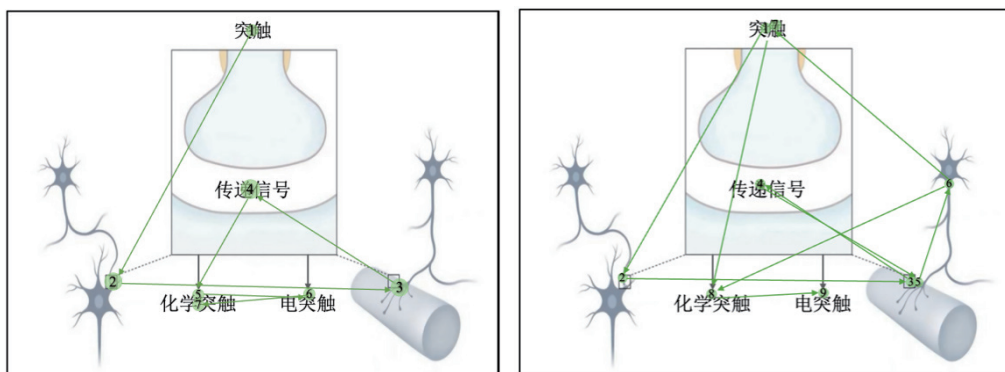


图3 专家注视线索(左)和同辈注视线索(右)举例

## 3.1 方法

### 3.1.1 被试与研究设计

本实验采用2(注视线索类型:专家,同辈) $\times$ 2(指导语类型:专家,同辈)被试间实验设计。

采用G\*Power软件计算样本量,在效应量 $f = .35$ ,显著性水平 $\alpha = .05$ 时,达到85%统计效力所需的样本量为76人。实际招募142名大学生,剔除2名眼动校准失败的被试后,最终有效被试为140人,平均年龄为 $21.10 \pm 2.08$ 岁。被试随机分配至以下四组:专家注视线索-专家指导语组、专家注视线索-同辈指导语组、同辈注视线索-专家指导语组以及同辈注视线索-同辈指导语组,每组35人。其余同实验1。

### 3.1.2 实验材料

学习材料与专家注视线索同实验1。同辈注视线索随机选自实验1控制组的一位学习者,其先验知识得分3分,保持测试得分7分,迁移测试得分5.5分。该学习者已同意使用其眼动轨迹。通过分析35个兴趣区的眼动数据发现,与专家注视线索相比,同辈注视线索在兴趣区的注视时间比例较低(.45 vs. .65),且兴趣区的平均首次注视前时间更长(400.36ms vs. 764.89ms),表明专家注视线索在注意力引导方面比同辈注视线索更有效(部分注视轨迹如图3所示)。

为进一步探讨实验1中观察到的榜样样例效应是否源于学习者对专家注视线索的更高预期和动机,参考前人研究(Li et al., 2019),实验2增添学习动机(“您想要继续采用此类设计的视频来学习的意愿?”)和帮助性(“您觉得这个教学视频对您学习的帮助程度有多大”)量表评定,每个题目均采用Likert 9点评分(1表示程度非常低,9表示程度非常高)。其余同实验1。

### 3.1.3 实验仪器与实验程序

实验仪器同实验 1。被试完成前测问卷后被随机分配到四组中的任意一组。随后,主试宣读指导语并告知实验流程,专家和同辈组的指导语同实验 1。其余同实验 1。

## 3.2 结果

表 2 不同注视线索和指导语组的先验知识得分、测验成绩和眼动结果

	专家注视线索		同辈注视线索	
	专家指导语	同辈指导语	专家指导语	同辈指导语
先验知识	3.24(1.45)	3.17(1.57)	3.27(2.26)	3.14(1.75)
保持测试	8.63(3.37)	7.61(2.45)	5.49(2.68)	5.44(2.42)
迁移成绩	6.86(3.37)	5.29(2.67)	4.93(2.35)	3.77(2.05)
兴趣区注视比例	.55(.05)	.54(.06)	.48(.04)	.47(.06)
首次注视前时间(ms)	525.22(330.24)	622.66(311.71)	790.67(255.50)	953.36(411.67)

### 3.2.2 测试成绩

对各组的保持和迁移成绩进行两因素方差分析,结果如表 2 所示。在保持测验上,注视线索类型主效应显著,  $F(1, 136) = 32.83, p < .001, \eta_p^2 = .19$ , 专家注视线索组的保持成绩显著高于同辈注视线索组。指导语类型主效应不显著,  $F(1, 136) = 1.30, p > .05$ 。注视线索类型和指导语类型的交互作用不显著,  $F(1, 136) = 1.10, p > .05$ 。

在迁移成绩上,注视线索类型主效应显著,  $F(1, 136) = 14.70, p < .001, \eta_p^2 = .10$ , 专家注视线索组的迁移成绩显著高于同辈注视线索组。指导语类型主效应显著,  $F(1, 136) = 9.23, p < .01, \eta_p^2 = .06$ , 专家指导语组的迁移成绩显著高于同辈指导语组。注视线索类型和指导语类型的交互作用不显著,  $F(1, 136) = .21, p > .05$ 。

### 3.2.3 眼动结果

同实验 1,对兴趣区注视比例和首次注视前时间进行两因素方差分析发现(见表 2 和图 4),在

### 3.2.1 不同眼动样例组的先验知识得分分析

对不同组别的前测知识问卷得分进行单因素方差分析。结果表明,如表 2 所示,不同实验组在先验知识得分上的主效应不显著,各组间的先验知识得分不存在显著差异,  $F(3, 136) = .04, p > .05$ 。

兴趣区注视比例上,注视线索类型主效应显著,  $F(1, 136) = 57.55, p < .001, \eta_p^2 = .30$ , 专家注视线索组的兴趣区注视比例显著高于同辈注视线索组。指导语类型主效应不显著,  $F(1, 136) = .43, p > .05$ 。注视线索类型和指导语类型的交互作用不显著,  $F(1, 136) = .01, p > .05$ 。

在首次注视前时间上,注视线索类型主效应显著,  $F(1, 136) = 28.21, p < .001, \eta_p^2 = .17$ , 专家注视线索组的首次注视前时间显著短于同辈注视线索的学习者。指导语类型主效应显著,  $F(1, 136) = 5.37, p < .05, \eta_p^2 = .04$ , 专家指导语组的首次注视前时间显著短于同辈指导语组。注视线索类型和指导语类型的交互作用不显著,  $F(1, 136) = .34, p > .05$ 。

### 3.2.4 主观量表

对学习动机、帮助性量表得分进行两因素方差分析,结果如表 3 所示。在学习动机得分上,注视线索类型主效应不显著,  $F(1, 136) = .01, p > .05$ 。

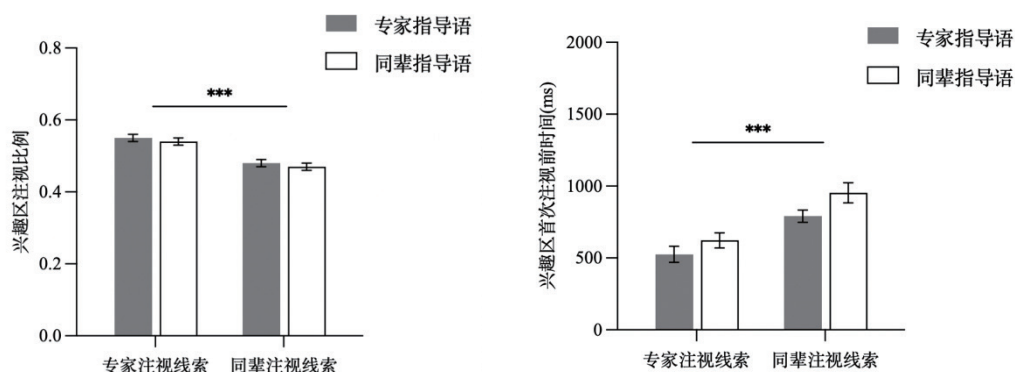


图 4 不同注视线索和指导语组的兴趣区注视比例(左)和首次注视前时间(右)

表 3 不同注视线索和指导语组的主观评定结果

	专家注视线索		同辈注视线索	
	专家指导语	同辈指导语	专家指导语	同辈指导语
学习动机	5.43(1.67)	4.20(1.69)	5.34(1.45)	4.23(1.52)
帮助性	5.46(.89)	4.89(1.28)	4.91(1.17)	4.09(1.07)

指导语类型主效应显著,  $F(1, 136) = 19.09, p < .001, \eta_p^2 = .12$ , 专家指导语组的学习动机得分显著高于同辈指导语组。注视线索类型和指导语类型的交互作用不显著,  $F(1, 136) = .05, p > .05$ 。

在帮助性得分上, 注视线索类型主效应显著,  $F(1, 136) = 12.80, p < .001, \eta_p^2 = .09$ , 专家注视线索组的帮助性得分显著高于同辈注视线索组。指导语类型主效应显著,  $F(1, 136) = 13.91, p < .001, \eta_p^2 = .09$ , 专家指导语组的帮助性得分显著高于同辈指导语组。注视线索类型和指导语类型的交互作用不显著,  $F(1, 136) = .82, p > .05$ 。

### 3.3 讨论

实验 2 结果发现, 与同辈注视线索相比, 专家注视线索条件下学习者的注视时间更长, 首次注视前时间更短, 且保持和迁移成绩更高。研究结果部分验证了假设 2, 说明专家注视线索在引导注意力和促进认知加工方面更有效。此外, 与实验 1 结果一致, 专家指导语条件下学习者的首次注视前时间更短, 迁移成绩更高, 表明学习者对注视线索的社会性信念影响 EMME 效应。结合主观问卷发现, 学习者认为专家眼动轨迹更有帮助, 且其学习动机更高。这种信念可能促使他们对学习内容进行更深入的加工, 最终在迁移成绩上表现出更佳。

## 4 总讨论

本研究通过两个实验, 操控注视线索类型与学习者对注视线索的社会性信念探讨了注视线索及其社会性信息对 EMME 效应的影响。结果发现, 注视线索具有稳定的注意引导作用, 且这一作用较少受学习者对其社会性信念的影响; 社会性信念显著影响学习效果, 当学习者认为眼动轨迹由专家录制时, 其学习效果更好。研究结果支持了社会代理理论和社会认知学习理论, 并揭示了 EMME 中注视线索在引导注意和促进学习方面的作用机制可能不同, 为眼动样例的优化和应用提供了指导。

### 4.1 注视线索及其相关的社会性信念对 EMME 学习中注意引导的影响

实验 1 发现, 眼动样例组学习者比无眼动样例组学习者表现出更好的注意力分配。这一发现与以往研究一致, 表明专家注视线索能够有效引导学习者关注重要信息 (Ehrhart & Lindner, 2023; Jarodzka et al., 2013; Tunga & Cagiltay, 2023; Wang et al., 2020)。以往研究发现, 注视线索具有较强的反射性注意特质 (张桂婷等, 2022; Gallagher-Mitchell et al., 2018; Symons et al., 2004)。因此, 在同辈样例条件下, 即使学习者认为眼动轨迹参考价值较低, 仍会自觉地跟随眼动轨迹。此外, 鉴于初学者主要采用自下而上的注意加工方式 (Jarodzka et al., 2010), 即便是在物理线索条件下, 他们仍容易被屏幕上的绿色轨迹吸引, 并倾向于跟随。因此, 实验 1 结果表明, 专家注视线索具有稳定的注意引导作用。这一结论在实验 2 得到了进一步验证: 与同辈注视线索相比, 专家注视线索在引导注意力分配上更有效。

此外, 实验 2 发现, 学习者对注视线索的社会性信念影响首次注视前时间, 说明学习者的注意力分配受注视线索相关的社会性信息的影响。根据社会认知学习理论 (Bandura, 1986; Schunk, 1987), 当学习者认为注视线索来自榜样时, 他们更愿意积极主动地跟随这些眼动轨迹。结合实验 2 的主观问卷结果可知, 当学习者认为眼动轨迹由专家录制时, 他们认为这些线索更具有帮助性, 进而积极跟随。然而, 当眼动轨迹被认为来自同辈时, 学习者跟随的动机强度不如跟随专家轨迹时强烈, 导致首次注视前时间更长。需注意的是, 我们并未发现社会性信念对兴趣区注视时间比例的影响, 说明尽管社会性信念会影响学习者注视到关键信息的速率, 但并不足以影响其对关键信息的加工时长。因此, 总体而言, 注视线索能够有效引导注意力, 且其注意引导作用较少受到学习者对其社会性信念的影响。

### 4.2 注视线索及其相关的社会性信念对 EMME 学习中学习效果的影响

本研究发现, 相较于同辈注视线索, 专家注视线索更能有效提升学习效果。从多媒体学习的认知加工理论 (Mayer, 2021) 来看, 学习者对图文信息

的有效“选择”、“组织”与“整合”对提高学习效果至关重要。已有研究表明,专家在执行任务时的眼球运动表现出更高的集中性和系统性 (Spitz et al., 2016),能够高效地将注意力集中于关键信息上 (Dogusoy-Taylan & Cagiltay, 2014; McIntyre et al., 2019; Tunga & Cagiltay, 2023)。本研究进一步验证了这一结果,发现专家注视线索在引导注意力和促进学习方面更具优势。例如,专家注视线索能够帮助学习者迅速定位关键区域(选择),进而促进后续的认知加工过程(组织与整合),最终有效提升学习成绩。

此外,学习者对注视线索的社会性信念显著影响学习效果。实验1表明,当学习者认为眼动轨迹由专家录制时,学习成绩更高,突显了注视线索的社会性信息对EMME效应的作用。这一结果支持了社会代理理论和社会性因素影响EMME效应的观点 (Krebs et al., 2019, 2021):眼球运动作为一种社会线索,有助于学习者将学习情境视为一种社会互动,从而促进对材料进行更深层次的加工,最终提升学习效果 (Moreno et al., 2001)。从社会认知学习理论 (Bandura, 1986; Schunk, 1987)来看,当学习者认为眼动轨迹来源于专家时,他们更倾向于主动跟随并积极投入,进而促进对学习材料的深度加工与整合,实现更好的学习效果。另一方面,Chen和Wyble (2015)指出,单纯的注意力集中并不足以保证信息被有效加工,“预期”才是决定信息是否能被储存并进入工作记忆系统的关键 (Chen & Wyble, 2015)。结合实验2结果可知,当学习者认为眼动轨迹来自同辈时,他们可能会低估注视区域的价值,并降低对相关信息的预期。这种低估可能引发大脑主动抑制那些被认为价值不高的信息,导致认知资源过度消耗 (Fu et al., 2021),降低学习过程中的认知投入水平,最终影响学习效果。相反,当学习者被告知眼动轨迹来源于专家时,他们会认识到眼动轨迹所传递信息的重要性,形成较高的预期和学习动机,从而显著提升学习效果。

然而,尽管本研究揭示了EMME学习中注视线索对注意引导和学习促进的作用机制可能不同,但仍存在一些局限。例如,与以往有关社会代理的研究不同 (Li et al., 2019),EMME中的注视线索为物理圆点,而非真实眼睛。尽管注视线索具有反射性注意定向特性,且本研究也告知被试注视线索所包含的社会信息,但仍需进一步明确EMME学习中

注视线索能否真正发挥其社会性作用。以往研究发现,社会性注意会激活颞上沟和杏仁核等主要用于加工社会性信息的特定脑区 (纪皓月等, 2017; Sato et al., 2008)。因此,在探索注视线索对EMME效应的作用机制方面,可借助更丰富的认知神经科学证据予以支持。

## 5 结论

研究发现,EMME学习中注视线索在引导注意和促进学习方面的作用机制可能不同。注视线索具有稳定的注意引导功能,且较少受学习者对其社会性信念的影响。学习促进与社会性信念相关,当学习者认为注视线索由专家录制时,其学习成绩表现更好。这可能源于学习者对专家注视线索持有较高的预期和动机。

### 参考文献

- 纪皓月,王莉,蒋毅.(2017).社会性注意的特异性认知神经机制. *生物化学与生物物理进展*, 44(11), 959-971.
- 谢和平,彭霖,周宗奎.(2018).注意引导和认知加工:眼动榜样样例的教学作用. *心理科学进展*, 26(8), 1404-1416.
- 张桂婷,杨安民,孙嘉伦,周丽琴,周可.(2022).线索有效性对社会性注意和外源性注意的影响. *生物化学与生物物理进展*, 49(3), 584-590.
- Albus, P., Vogt, A., & Seufert, T. (2021). Signaling in virtual reality influences learning outcome and cognitive load. *Computers and Education*, 166, 104154.
- Alpizar, D., Adesope, O. O., & Wong, R. M. (2020). A meta-analysis of signaling principle in multimedia learning environments. *Educational Technology Research and Development*, 68(5), 2095-2119.
- Bandura, A. (1986). *Social foundations of thought and action: A social cognitive theory*. Prentice-Hall.
- Chen, H., & Wyble, B. (2015). Amnesia for object attributes: Failure to report attended information that had just reached conscious awareness. *Psychological Science*, 26(2), 203-210.
- Chisari, L. B., Mockevičiūtė, A., Ruitenburg, S. K., van Vemde, L., Kok, E. M., & van Gog, T. (2020). Effects of prior knowledge and joint attention on learning from eye movement modelling examples. *Journal of Computer Assisted Learning*, 36(4), 569-579.
- Dalmaso, M., Castelli, L., & Galfano, G. (2020). Social modulators of gaze-mediated orienting of attention: A review. *Psychonomic Bulletin and Review*, 27, 833-855.
- Dogusoy-Taylan, B., & Cagiltay, K. (2014). Cognitive analysis of experts' and novices' concept mapping processes: An eye tracking study. *Computers in Human Behavior*, 36(7), 82-93.
- Ehrhart, T., & Lindner, M. A. (2023). Computer-based multimedia testing: Effects of static and animated representational pictures and text modality. *Contemporary Educational Psychology*, 73, 102151.
- Eskenazi, T., Montalan, B., Jacquot, A., Proust, J., Grèzes, J., & Conty, L. (2016). Social influence on metacognitive evaluations: The power of nonverbal cues. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 69(11), 2233-2247.
- Fiorella, L., & Mayer, R. E. (2018). What works and doesn't work with instructional

- video. *Computers in Human Behavior*, 89, 465–470.
- Fu, Y., Zhou, Y., Zhou, J., Shen, M., & Chen, H. (2021). More attention with less working memory: The active inhibition of attended but outdated information. *Science Advances*, 7(47), eabj4985.
- Friesen, C. K., & Kingstone, A. (1998). The eyes have it! Reflexive orienting is triggered by nonpredictive gaze. *Psychonomic Bulletin and Review*, 5(3), 490–495.
- Gallagher-Mitchell, T., Simms, V., & Litchfield, D. (2018). Learning from where ‘eye’ remotely look or point: Impact on number line estimation error in adults. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 71(7), 1526–1534.
- Gobel, M. S., Tuffit, M. R., & Richardson, D. C. (2018). Social beliefs and visual attention: How the social relevance of a cue influences spatial orienting. *Cognitive Science*, 42, 161–185.
- Jarodzka, H., Scheiter, K., Gerjets, P., & Van Gog, T. (2010). In the eyes of the beholder: How experts and novices interpret dynamic stimuli. *Learning and Instruction*, 20(2), 146–154.
- Jarodzka, H., Van Gog, T., Dorr, M., Scheiter, K., & Gerjets, P. (2013). Learning to see: Guiding students' attention via a model's eye movements fosters learning. *Learning and Instruction*, 25, 62–70.
- Krebs, M. C., Schüler, A., & Scheiter, K. (2019). Just follow my eyes: The influence of model–observer similarity on Eye Movement Modeling Examples. *Learning and Instruction*, 61, 126–137.
- Krebs, M. C., Schüler, A., & Scheiter, K. (2021). Do prior knowledge, model–observer similarity and social comparison influence the effectiveness of eye movement modeling examples for supporting multimedia learning? *Instructional Science*, 49(5), 607–635.
- Li, W., Wang, F., & Mayer, R. E. (2023). How to guide learners' processing of multimedia lessons with pedagogical agents. *Learning and Instruction*, 84, 101729.
- Li, W., Wang, F., Mayer, R. E., & Liu, H. (2019). Getting the point: Which kinds of gestures by pedagogical agents improve multimedia learning? *Journal of Educational Psychology*, 111(8), 1382.
- Mason, L., Scheiter, K., & Tornatora, M. C. (2017). Using eye movements to model the sequence of text–picture processing for multimedia comprehension. *Journal of Computer Assisted Learning*, 33(5), 443–460.
- Mayer, R. E. (2021). *Multimedia learning (3rd ed)*. Cambridge University Press.
- McIntyre, N. A., Jarodzka, H., & Klassen, R. M. (2019). Capturing teacher priorities: Using real–world eye–tracking to investigate expert teacher priorities across two cultures. *Learning and Instruction*, 60(4), 215–224.
- 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(2), 315–330.
- Moreno, R., Mayer, R. E., Spires, H. A., & Lester, J. C. (2001). The case for social agency in computer–based teaching: Do students learn more deeply when they interact with animated pedagogical agents? *Cognition and Instruction*, 19(2), 177–213.
- Sato, W., Kochiyama, T., Uono, S., & Yoshikawa, S. (2008). Time course of superior temporal sulcus activity in response to eye gaze: A combined fMRI and MEG study. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 3(3), 224–232.
- Scheiter, K., Schubert, C., & Schüler, A. (2018). Self–regulated learning from illustrated text: Eye movement modelling to support use and regulation of cognitive processes during learning from multimedia. *British Journal of Educational Psychology*, 88(1), 80–94.
- Schuller, A. M., & Rössion, B. (2001). Spatial attention triggered by eye gaze increases and speeds up early visual activity. *Neuroreport*, 12(11), 2381–2386.
- Schunk, D. H. (1987). Peer models and children's behavioral change. *Review of Educational Research*, 57(2), 149–174.
- Spanjers, I. A., Van Gog, T., & van Merriënboer, J. J. (2010). A theoretical analysis of how segmentation of dynamic visualizations optimizes students' learning. *Educational Psychology Review*, 22, 411–423.
- Spitz, J., Put, K., Wagemans, J., Williams, A. M., & Helsen, W. F. (2016). Visual search behaviors of association football referees during assessment of foul play situations. *Cognitive Research: Principles and Implications*, 1, 1–11.
- Symons, L. A., Lee, K., Cedrone, C. C., & Nishimura, M. (2004). What are you looking at? Acuity for triadic eye gaze. *The Journal of General Psychology*, 131(4), 451–469.
- Tipples, J., Dodd, M., Grubaugh, J., & Kingstone, A. (2019). Verbal descriptions of cue direction affect object desirability. *Frontiers in Psychology*, 10, 471.
- Tunga, Y., & Cagiltay, K. (2023). Looking through the model's eye: A systematic review of eye movement modeling example studies. *Education and Information Technologies*, 28(8), 9607–9633.
- van Gog, T., Jarodzka, H., Scheiter, K., Gerjets, P., & Paas, F. (2009). Attention guidance during example study via the model's eye movements. *Computers in Human Behavior*, 25(3), 785–791.
- van Wermeskerken, M., Litchfield, D., & van Gog, T. (2018). What am I looking at? Interpreting dynamic and static gaze displays. *Cognitive Science*, 42(1), 220–252.
- Wang, F., Zhao, T., Mayer, R. E., & Wang, Y. (2020). Guiding the learner's cognitive processing of a narrated animation. *Learning and Instruction*, 69, 101357.
- Xie, H., Zhao, T., Deng, S., Peng, J., Wang, F., & Zhou, Z. (2021). Using eye movement modelling examples to guide visual attention and foster cognitive performance: A meta–analysis. *Journal of Computer Assisted Learning*, 37(4), 1194–1206.

# The Differential Impact of Gaze Cues and Their Social Information on Eye Movement Modeling Examples Effect: “Looking with Whom” vs. “Thinking about Looking with Whom”

Zhang Lijuan, Chen Dengshui, Zan Xiaoqi, Zhang Jinkun

( School of Psychology, Fujian Normal University, Fuzhou, 350117 )

**Abstract** Eye movement modelling examples (EMME) is an emerging instructional design that effectively supports multimedia learning. It records the eye-movement tracks of experts in the process of learning or solving problems and superimposes them onto video materials to show novice or less experienced learners. Previous studies have confirmed the effectiveness of eye movement examples in attentional guidance and the promotion of multimedia learning from the perspective of attention and (meta)cognitive processing. Recent studies have shown that social information of gaze cues (e.g., learners' social beliefs about gaze cues) may have an impact on the effectiveness of EMME. Through two experiments, this study investigated the impact of social cues and their associated social beliefs on the effectiveness of EMME. This study aims to enhance the application of eye movement examples and improve the outcomes of multimedia learning.

In Experiment 1, three groups of learners with different social beliefs about gaze cues were set up by manipulating the instruction: the expert model group (expert gaze cues - expert instruction), the peer model group (expert gaze cues - peer instruction), and the physical cues group (expert gaze cues - computer generated instruction). A control group without eye movement examples was also established to investigate the impact of learners' social beliefs on the effectiveness of EMME. Building upon Experiment 1, Experiment 2 further investigated how different types of model gaze cues (e.g., peers or experts) and learners' social beliefs about these cues (instruction gaze cues from an expert or peer) independently or jointly affect the EMME effect. The purpose of Experiment 2 was not only to validate the results of Experiment 1 but also to elucidate the role of social cues associated with gaze cues in the mechanism of EMME.

The results of Experiment 1 showed that compared with the control group, learners in the expert model group, peer model group, and physical cues group had a higher proportion of fixation in the interest area and a shorter time before the first fixation. Learning was enhanced by eye movement examples only when learners perceived the eye movement trajectory to be recorded by experts. These results indicate that gaze cues can provide a stable guide for attention, while learners' social beliefs significantly affect learning outcomes. The results of experiment 2 showed that compared with peer gaze cues, learners under expert gaze cues had longer fixation time, shorter time before the first fixation, and higher retention and transfer scores. These results suggest that expert gaze cues effectively direct learners' attention allocation and facilitate cognitive processing, thereby improving the learning outcomes. Additionally, learners under the instruction gaze cues from expert condition showed shorter initial fixation times and higher transfer test scores compared to those under the instruction gaze cues from peer condition, indicating that learners' social beliefs about gaze cues significantly impact the EMME effect. Combined with the subjective questionnaire, it is found that learners believe that the expert eye movement track is more helpful, and their learning motivation is higher. This belief may prompt them to process the learning content more deeply.

This study indicates that both “looking with whom” and “thinking about looking with whom” impact the multimedia learning effect. Among them, the gaze cues of eye movement examples have a stable attention guidance effect, in which the expert gaze cues are especially helpful in guiding attention and promoting cognitive processing. Additionally, the learners' social beliefs about gaze cues affect the learning outcomes. When learners believe that eye movement tracks are recorded by experts, they show better academic performance, which may be related to their expectations of gaze cues and their learning motivation. This study reveals the important role of expert gaze cues and their associated social beliefs in optimizing learning results in EMME, providing guidance for the optimization and application of eye movement examples.

**Key words** eye movement examples, gaze cues, social information, multimedia learning