PIBB 生物化学与生物物理进展
Progress in Biochemistry and Biophysics
2022，49(6)：986~1003
www.pibb.ac.cn

面孔社会信息对注视提示效应的调制及其神经机制*

袁 甜[1,2,3) 纪皓月[1,2,3) 于祎雯[1,2,3) 王 莉[1,2,3)** 蒋 毅[1,2,3,4)

([1) 中国科学院心理研究所，脑与认知科学国家重点实验室，脑科学与智能技术卓越创新中心，北京 100101；
[2) 中国科学院大学心理学系，北京 100049；[3) 北京脑科学与类脑研究中心，北京 102206；
[4) 合肥综合性国家科学中心人工智能研究院，合肥 230088)

摘要 眼睛注视是一种独特的非言语社会线索，能够诱发对生存和进化至关重要的注意效应。近年来，研究者采用中央线索提示范式及其变式，关注了面孔社会信息尤其是表情对这一注意效应的调节。面孔表情的调节作用与具体的表情类型有关，同时会受到任务因素和个体因素的影响。这一调节作用会随个体发展而逐渐成熟，与负责对面孔表情和注视方向各自及整合加工的机制相关，涉及到杏仁核和颞上沟脑区。除了面孔表情，其他面孔社会信息（如熟悉性和可信任度、优势度和社会地位、群体属性）也可以调节注视提示效应。这一调节可能涉及额叶视区、额顶注意网络。对面孔表情及其他社会信息调制注视提示效应的行为学证据及其神经机制进行系统综述，能够深化当前对面孔加工和注视提示效应间关系的理解，为社会认知障碍的临床诊断和干预提供参考。

关键词 眼睛注视，注视提示效应，面部表情，社会信息，神经机制
中图分类号 B842 **DOI**：10.16476/j.pibb.2021.0160

眼睛注视（eye gaze）是人们进行社会信息交换、意图推断以及危险探测所依赖的重要非言语性社会线索。眼睛注视可以诱发提示效应（gaze cueing effect）：当中央面孔注视向一侧时，人们能够更快、更准确地探测和判断出现在同一侧的目标物体。这一眼睛注视线索导致的提示效应是稳定而不受主观控制的。即便在人们已经被告知，眼睛注视方向与探测目标出现的位置无关，甚至有80%的可能会指向相反方向的情况下，在短时间内人们也无法控制自己的注意焦点，而会对注视线索进行不自觉地追随[1]。这一对他人视线快速而稳定的不自主注意追随现象，被称作社会性注意（social attention）。与同等作用的非社会性线索（如箭头）相比，这一注视线索诱发的注意效应更为显著，更不易被主观意志逆转[2-4]。这可能与注视线索所具有的独特社会功能有关，眼睛注视能够可靠地显示他人对空间的关注焦点，帮助推断他人心理状态。早期社会认知的发展，如言语习得、心理理论等与对注视加工能力的发展息息相关[5-6]。在这一方面能力的损害，往往会导致社会性功能的缺损[7-11]。

眼睛注视线索具有独特的社会意义，而由面孔传达的其他社会信息如表情、熟悉性、可信任度等则能为这独特的社会性赋予更多内涵。在日常生活中，人们也常常会将注视方向与相伴随的面孔表情（如快乐、恐惧）及面孔所带有的熟悉性、可信任度等社会信息一同解读。通过观察他人的注意焦点转换，结合面孔提供的表情等社会信息，可以形成对注视线索的重要性、相关性、可靠性的评估。这可以帮助推断他人的意图、心理状态，从复杂的环

* 中国科学技术部（2021ZD0203800），国家自然科学基金（31671137，31830037），中国科学院先导专项（XDB32010300），中国科学院前沿科学重点研究项目（QYZDB-SSW-SMC030），深港脑科学创新研究院开放课题和中央高校基本科研业务费专项资金资助项目。
** 通讯联系人。
Tel：010-64871238，E-mail：wangli@psych.ac.cn
收稿日期：2021-06-07，接受日期：2021-08-26

境中快速地找到最为相关而有效的线索，进而指导社会性注意行为。本文将从面孔的社会信息尤其是表情对眼睛注视提示效应的调制这一主题出发，围绕着这一调制的具体表现及其发生发展机制，对现有研究进行综述，关注相关的行为学证据和神经机制，对这一研究主题未来的发展方向进行展望。

1 面孔情绪信息对社会性注意的调节

对于注视提示效应而言，注视的方向提供了关于他人注意焦点的线索[12]，而面孔的表情则提供了他人对于这一注意焦点的内在情绪线索[13-14]。这一内在情绪信息能否对社会性注意行为产生调节，又具体有何表现？大量研究对上述问题展开了探索。

1.1 面部表情的调节作用

1.1.1 实验范式

在研究面部表情的调节作用时，研究者往往会采用经典的社会性注意范式，只是将中央的中性面孔在某一时间点替换为带有表情（如恐惧、惊讶、厌恶、愤怒、快乐等）的面孔（图1a）。被试的任务则是探测目标（如光栅）出现的位置（localization task），或者是对目标（如字母T、L）进行分类判断（classification task）。需要探测或判断的目标可能会出现在与面孔注视方向一致的一侧或者不一致的一侧，用不一致情况下被试的反应时减去一致情况下被试的反应时，就可以得出注视线索所诱发的提示效应（cueing effect，CE；图1b）。通过将不同表情下的提示效应与中性这一基线比较，或是在不同情绪间相互比较（图1c），研究者就能够考察面部表情的调节作用。

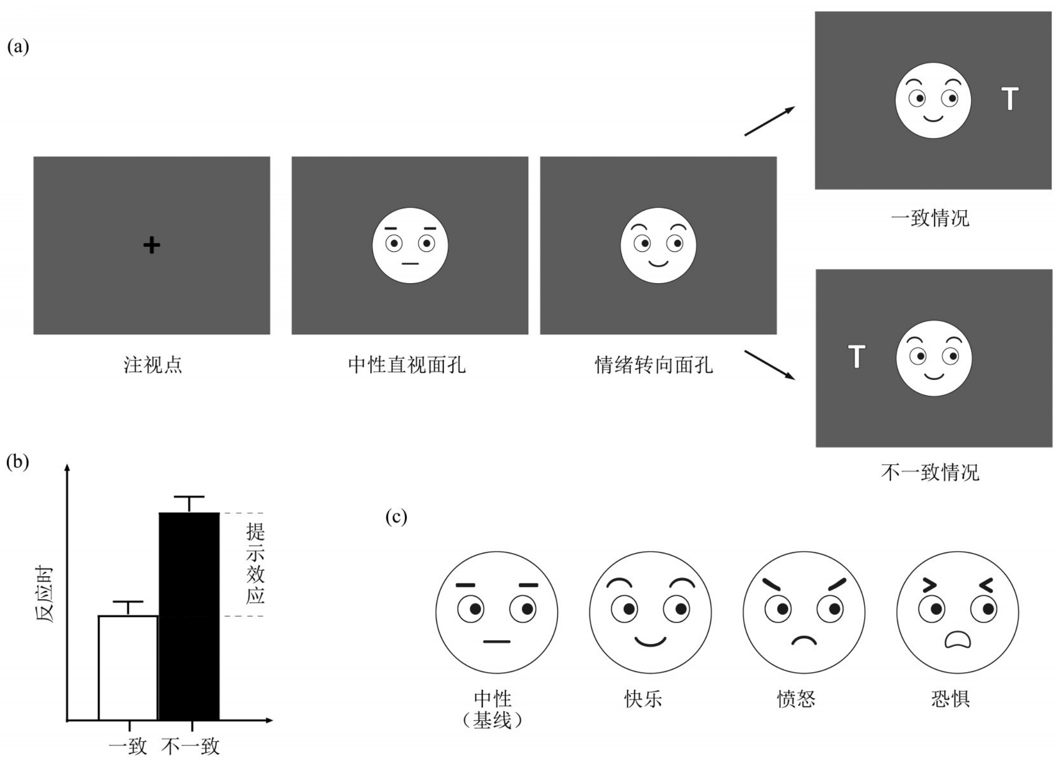


Fig. 1 The modulation of facial expressions on the gaze cueing effect

图1 面部表情对注视提示效应的调节作用

（a）中央线索提示范式的变式。在一致情况下，目标会出现在眼睛看向的位置。在不一致情况下，目标则会出现在相反位置。（b）提示效应即为不一致情况和一致情况下反应时的差值。一般而言，不一致情况下的反应时会大于一致情况下的反应时。（c）中性和情绪（如快乐、愤怒、恐惧）斜视面孔示意图。

结合眼动技术可以记录眼动时长和轨迹的特性，有研究者在这一经典的实验范式基础上进行了改动，从另一角度探究面部表情的调节作用。具体而言，研究者将被试的任务改为在目标出现时看向目标所在的位置，记录一致和不一致情况下被试的眼动反应时。然而，需要明确的是，在传统的按键反应实验中，研究者大多会要求被试将注意放在中央，而用余光去捕捉边缘出现的目标。这更多地反映了一种内隐性注意过程，即在没有明显的眼球运动或身体移动时产生的视觉空间注意。与之对比，眼动反应时这一指标则更多地反映了外显性的注意过程，二者存在差异。此外，在这一眼动反应时实验范式的基础上，还有研究者将带有表情的面孔作为干扰刺激，探究不自觉地注视追随对自主眼动的影响。具体来说，黑色的线索方块和作为背景的中性直视面孔会先出现在屏幕中央。之后，面孔会看向一侧并表现出情绪，紧接着，方块会变成红色或蓝色。被试的任务是忽视背景面孔的干扰，根据方块的颜色向指定位置做眼动（如方块变红时看向右侧，方块变蓝时看向左侧）。背景面孔眼动方向与线索方块指示眼动方向相同则记为一致条件，不同则为不一致条件（图2）。当背景面孔看向一侧时，被试会产生不自主地注视追随，因此，通过比较一致和不一致条件下眼动准确性和潜伏期上的差异，研究者可以比较不同情绪的背景面孔诱发的不自主注视追随对被试自主眼动干扰程度，进而从侧面探究面部表情对注视提示效应的调节。

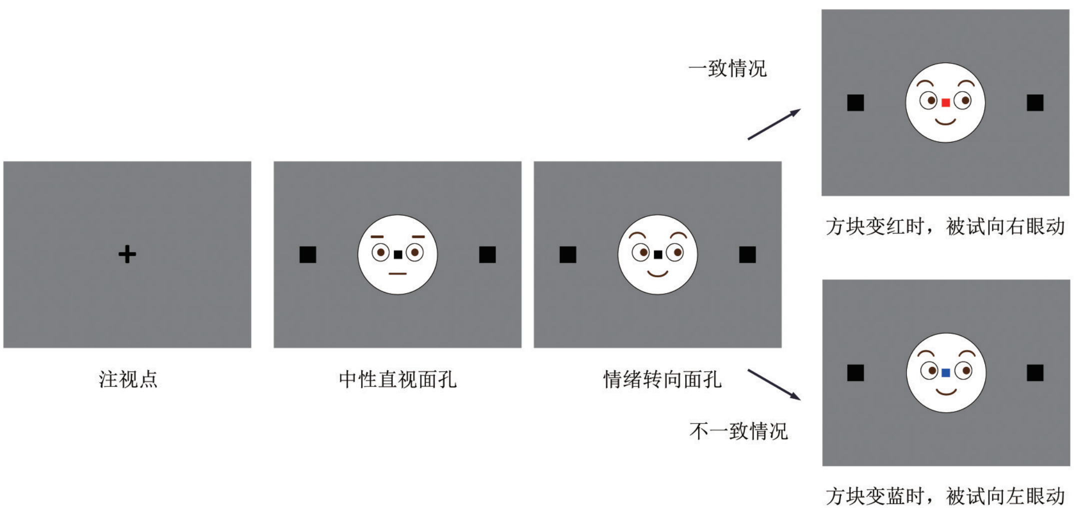


Fig. 2　The instructed saccade paradigm

图2　中央线索提示范式的眼动变式

中央情绪面孔作为背景干扰刺激，背景面孔可能看向方块线索指示的一致侧或不一致侧。比较一致和不一致情况下眼动准确性和潜伏期，即可得出不同情绪面孔的干扰效应。

1.1.2　不同表情的调节作用

在上述行为和眼动范式及相关变式的基础上，已有的研究进行了一系列实验，对面部表情能否调节注视提示效应及这一调节作用的具体表现进行了探究。研究者发现，面部表情能够调节注视提示效应并且不同的面部表情会表现出不同程度的调节作用。与中性面孔相比，恐惧面孔能够诱发更强的提示效应[15-20]。类似地，愤怒[16-17，21-22]面孔也能够诱发较中性面孔更强的提示效应。相比较而言，快乐面孔诱发的提示效应虽然也较中性面孔有些微提升[15]，但这一提升会更弱[18，23]且更不稳定[17，24-25]。对不同表情进行比较则发现，恐惧的提示效应强于快乐[15，19，26]，并且这一效应在探测目标具有潜在威胁性时更为显著[27-29]。愤怒与快乐的关系则较为复杂，关于二者的关系目前尚无定论。有研究发现，在任务中没有恐惧表情出现的情况下，由愤怒面孔诱发的注意效应在焦虑人群中会强于快乐[22]。而在有恐惧表情的情况下，二者则无差异[30]，这可能是因为恐惧表情降低了愤怒的优先级。与之相反，也有研究发现，快乐会诱发比愤怒面孔更快的注意定向，但这一现象仅在面孔是女性面孔时出现[31]。总的来说，恐惧、愤怒表情

诱发的注意效应会更为显著和稳定，这可能是因为这类表情往往暗示着潜在的危险或正在接近的威胁，具有进化意义。

在非人灵长类动物身上，研究者也发现了类似的面部表情调节作用。在北非短尾猿中，当看见群体中其他成员在进行互动尤其是攻击性互动时，猴子会出现评价表情（commenting）。这一表情是猴子在有第三方（尤其是婴儿）加入的沟通中最常出现的表情，它的出现代表着社会信息的发生和交换。研究者发现，评价表情能够有效增强注视追随行为，并且这一增强从5~6个月开始，到1岁时达到巅峰[32]。此外，跨物种的表情也能调节注意效应。研究者模仿了3种在食蟹猴中常见的表情，即进攻（张嘴）、臣服（露牙）、友好（碰唇），结果发现，相较于中性面孔，露牙的人类面孔能够诱发食蟹猴更强的注意转向[33]。

总的来说，前人研究发现人们能够对面部表情与注视方向进行整合加工，并据此调节社会性注意。并且，这一能力在人类和非人灵长类动物中都存在，表明其具有跨物种进化基础。值得注意的是，也有研究者并未发现面部表情对注视提示效应的调节[34-36]，这可能和这些研究采用的任务设置不同[16, 20, 27]以及被试的个体差异[25-26, 37-38]有关。

1.2 影响面部表情调节作用的因素

1.2.1 任务相关因素

当环境中存在着一个具有危险性或奖赏性的物体时，人们最为自然的外显反应是先看向一侧注意到这一物体，然后根据这一物体的好坏逐渐流露出惊恐或喜悦的表情变化。作为观察者，也会根据自己的日常经验，从观察到的变化评估这一面部表情线索的可靠性和含义。这一表情变化的方式能否影响到面部表情的调节作用？Lassalle等[16]最早系统性地比较了情绪变化出现的时间点对注视提示效应的影响。具体来说，他们设置了3种情绪刺激呈现方式：面孔同时出现注视转移和表情变化、面孔先出现情绪变化后出现注视转移、面孔先出现注视转移后出现情绪变化。研究结果发现，相较于前两种，最后一种呈现方式下，情绪的调节作用更显著。这一现象在目标为跨模态的声音刺激时也存在[21]。这可能是因为，最后一种呈现方式与环境中出现危险时人脸表情和注视的变化模式最为接近。类似地，研究者还发现，当面孔的表情为动态呈现，表现出细致而生动的过程和细节时（如按帧呈现、按强度依次呈现），情绪人脸能够诱发更强的注意效应[26, 39]。相关证据主要来自对于恐惧面孔的研究。Mathews等[40]采用静态的恐惧和中性面孔，对焦虑和非焦虑人群进行了研究。结果发现，静态恐惧面孔只有在焦虑人群中才能够诱发更强的效应。在这一研究的基础上，Putman等[26]采用了逐帧情绪增强的恐惧和快乐面孔。结果发现，动态变化的恐惧表情在焦虑与非焦虑人群中都能够诱发较快乐面孔更强的注视提示效应。Uono等[41]则对比了中性和恐惧面孔，结果也发现，在高、低焦虑人群中，动态变化的恐惧表情都可以诱发比中性更强的提示效应。总的来说，表情的呈现方式能够对提示效应产生调节。当面孔的呈现方式更具生态效度和进化价值时，能够更容易、更明确地推断出这一表情变化的原因和意图，这一内在推理过程能够影响到面部表情的调节作用。

此外，研究者在设置目标刺激时，通常会选择光栅或是字母这类不含情绪信息的目标刺激。然而，在实际生活中，需要人们进行探测和捕获的刺激往往是复杂且带有情绪色彩的。并且，人们通常需要对这一探测目标的情绪性进行评估。Pecchinenda等[20]考察了任务要求及目标情绪能否影响到面部表情的调节作用。研究者从英语情绪词汇系统（affective norms for english words，ANEW）中选取了积极、消极两类词语作为探测目标，设置了知觉判断、情感分类两种任务。结果发现，当被试需要对目标词语进行情感分类而非知觉判断时，恐惧、厌恶面孔诱发的提示效应会显著增强，而快乐、中性面孔则不会。这说明面部表情的调节作用与任务要求有关。当人们需要主动去评估环境中刺激的好坏时，恐惧、厌恶面孔这类暗示着环境中存在着潜在的威胁和不愉快的情绪线索会在注意过程中占据更大的优势。进一步的研究则发现，即便在任务不涉及主观情绪判断时，目标的情绪性也能够影响面部表情的调节作用。具体而言，当探测目标具有潜在的威胁性时，恐惧面孔能够诱发更强的注意效应[27]。此外，Bayliss等[36]还发现，愉悦的情绪目标也能够增强快乐面孔诱发的提示效应。这可能是因为，当探测的目标具有情绪时，同样具有情绪的面孔可能会使得人们更容易将其与目标关联起来，从而对相关表情的调节作用产生影响。总的来说，任务要求及目标情绪性能够影响到面部表情的调节作用，这一影响可能与任务情境、目标情绪性导致的面部表情信息重要性提升有关。此外，面部表情调节作用这一能够根据当前任务要求、探测目

标情绪性进行灵活调整的特性，可能对危险探测、个体生存具有重要意义。

1.2.2 个体相关因素

面部表情对社会性注意的调节作用存在着个体差异，它能够反映不同表情调节作用在人群中的一致性和稳定性。已有的研究将个体差异纳入考量，对这一调节如何受到个体特质影响进行了探索。

研究者发现，个体的恐惧、焦虑特质会影响到面部表情的调节作用。这可能是由恐惧或焦虑个体对于不确定性的低容忍性和对于表情线索的高敏感性引起[42]。研究者发现，恐惧特质与恐惧面孔诱发的提示效应成正相关[43]。恐惧、厌恶、愤怒面孔会在有蛇类恐惧症的女性中诱发相较常人更高的提示效应[37]。这可能是因为，这类表情往往暗示周围环境中存在潜在的危险，保留对这类表情的高敏感性能够帮助蛇类恐惧个体更快地探测到危险。在焦虑个体中，这一对于特定表情提示效应增强的现象也存在。在高特质焦虑个体中，恐惧面孔的提示效应也显著强于快乐、愤怒和中性面孔，而这一效应在低焦虑个体中不存在[22, 40, 44]。此外，焦虑特质会与恐惧面孔诱发的提示效应成正相关[26]。不过，在面孔表情动态呈现，即情绪呈现逐渐增强的变化时，在低焦虑个体中，恐惧面孔也会表现出相较于中性面孔更大的提示效应[39]。然而，后续也有研究发现，恐惧面孔的增强效应与焦虑特质并无相关[23-25]，这或许与研究者所采用的呈现方式以及量表手段有关。在之前报告存在差异的研究中，研究者所采用的均为状态特质焦虑量表（state trait anxiety index，STAI）量表，这一量表在区分抑郁和焦虑上表现不佳[45]，因此个体的抑郁水平可能会导致结果的混淆。后续研究可以采用更广泛、更多样的焦虑测量手段来探讨焦虑特质对于面部表情调节作用的影响。

除了焦虑特质，自闭特质（autistic quotient，AQ）也能影响面部表情的调节作用。这一特质能够反映出一个人的社交灵活性，高自闭特质的个体往往会表现出一定社会能力的异常[46]。研究者发现，恐惧面孔诱发的注视提示效应不受自闭特质影响，但快乐面孔诱发的效应会随自闭特质的升高而降低[25]。类似的研究也发现，自闭特质量表中的细节注意分量表的分数与快乐面孔诱发的效应成负相关，即自闭分数越高，快乐面孔诱发的提示效应越低[24]。这说明，恐惧表情对高、低自闭特质人群而言具有同等的重要性，而快乐表情对于高自闭人群的重要性会降低，这与恐惧表情具有的生存和进化意义相关。上述结果表明自闭特质会影响到面部表情的调节作用，并且这一影响在不同的表情上有所差别，这一结论也在一定程度上解释了高自闭个体在社交能力上的缺陷。

此外，社会认知障碍人群，如精神分裂症（schizophrenia）和孤独症（autism spectrum disorder，ASD）个体往往都会表现出对面部表情[47-48]、注视方向[49-50]等社会信号的误读。在注视提示效应上，精神分裂症个体会表现出对注视线索过度追随（hypersensitivity）[11]或不追随（hyposensitivity）[9]的异常模式而孤独症个体也会表现出较正常发展儿童更弱的注视提示效应[7, 51]。那么，这些人群在面部表情调节作用上是否会表现出与正常人不同的模式呢？研究发现，精神分裂症个体会表现出与常人相当的面部表情调节作用。在Schwartz等[52] 2010年的研究中，研究者在屏幕中央呈现了一张带有快乐、愤怒、恐惧或中性情绪的面孔，面孔可能直视或看向左侧、右侧。被试的任务是对出现在面孔上的方向词（左、右）进行分类。结果发现，当且仅当面孔为恐惧的情况下，正常人和精神分裂症患者会受到注视方向的影响，更快地对与注视方向一致的单词进行分类，这一现象在仅有眼睛线索时也存在。这表明，精神分裂症患者在整合恐惧表情和注视方向的能力上与正常人无差异，这或许与恐惧表情本身的特殊性有关，未来研究仍需对精神分裂症患者会否在其他表情的整合能力表现出异常进行探索。另外，对于孤独症儿童而言，研究者发现，他们会在面部表情的调节作用上表现出一定缺损。Uono等[39]采用由中性开始逐渐流露出表情变化的面孔对正常儿童和高功能孤独症儿童进行研究发现，在正常人群中，恐惧面孔能导致更强的提示效应，但这一增强在高功能孤独症组中不存在。恐惧面孔对于高功能孤独症患者来说不能诱发更大的N170波幅[53]；只有在当表情特别夸张或伴随着肢体动作时，才会有注意追随效应的增强[54]。

综上所述，个体的恐惧、焦虑、自闭特质能够影响到面部表情的调节作用，这一影响与不同人群对特定表情的敏感性相关。在社会认知障碍群体，特别是孤独症群体中，面部表情的调节作用则会表现出一定程度的异常，这为相关人群在危险探测、社会交往、人际互动等方面存在的障碍提供了解释，具有临床应用价值。

1.3 面部表情调制的发展研究

整合加工面部表情、注视方向信息的能力对于个体生存发展至关重要，已有的研究从这一角度出发，对这一能力的发展轨迹进行了探究。

事实上，对于面部表情和注视方向进行整合加工的能力从生命早期就已经存在。人们能够通过整合他人的注视方向信息和面部表情线索来综合评估某一事物的危险程度[55]，这一现象也被称作社会参照（social referencing）。Hoehl等[56]采用事件相关电位（event-related potential，ERP）技术对3~4月龄的婴儿进行研究发现，婴儿在3个月时就能够对被恐惧面孔指向的物体表现出较被中性面孔指向物体更强的与注意相关的Nc成分[57]。控制实验表明，这一效应不由广泛的情绪唤醒导致，而是特异性地指向被注视物体。这说明，儿童从3个月开始就能够整合表情与注视方向信息，且这一整合能够影响儿童对物体的注意加工。研究者发现，在7个月的婴儿中，恐惧面孔诱发的Nc成分也会强于中性，但这一效应仅在面孔看向了物体时出现，当面孔未看向物体时不存在[58]。这一整合面部表情和注视方向以评估环境中刺激威胁的能力会逐渐随着年龄增长而发展、趋向成熟。Hoehl等[59]后续对3、6、9月龄的婴儿进行了类似的实验，结果发现，3月龄、6月龄的婴儿均能对被恐惧面孔看向的物体表现出更强的Nc成分，而9月龄的婴儿则会对被中性面孔看向的物体表现出更强的Nc成分。这一年龄间的差异反映出，个体对面部表情和注视方向信息的整合加工会随着年龄的增长发生变化，这可能与儿童对这两类信息整体理解的发展相关。总的来说，对于面部表情与注视方向信息的整合从婴儿早期就已发生，并且，这一整合能够随着年龄的增长逐渐影响到人们对于物体的注意加工。

然而，这一对面部表情与注视方向初步整合的发生，并不意味着面部表情调节作用的出现。事实上，目前的证据更多表明，在生命早期，面部表情对注视追随行为的影响更多表现为干扰而非调节。Flom等[60]对快乐、悲伤和中性面孔进行研究，结果发现，7月龄的婴儿只在中性面孔的情况下表现出注视追随行为[60]。采用眼动范式，Rigato等[61]在4月龄的婴儿中也发现了类似的面部表情干扰作用，即对于4月龄的婴儿，中性面孔能够诱发较快乐、恐惧面孔更快的眼动。目前的证据表明，面部表情的调节作用可能出现在6岁之后。Pecchinenda等[62]采用愤怒、快乐和中性的静态面孔，对6~7岁和9~10岁的儿童进行研究。结果发现，6~7岁的儿童仅在面孔为快乐时出现注视提示效应，而9~10岁的儿童则在面孔为快乐、愤怒时均有提示效应，且愤怒诱发的效应显著强于中性。这说明，面部表情的调节作用大概在6~7岁时出现，并且会随着大脑发育的逐渐成熟而发生变化。Dawel等[63]则对8~12岁的儿童进行研究发现，恐惧面孔能够诱发较快乐更强的提示效应。不过，这一调节作用仅在目标刺激为安全或威胁性刺激且任务为对目标是否危险做出判断时出现。Neath等[64]则采用愤怒、恐惧、快乐、惊讶和中性的动态面孔对7~25岁的人群进行研究发现，惊讶面孔能够诱发较中性更强的提示效应，而恐惧面孔则能够诱发较中性、快乐、愤怒均更强的提示效应。这一面部表情的调节作用在7~25岁的人群中都存在，且在不同年龄间不存在差异。事件相关电位研究也发现，在7~13岁的儿童中，恐惧面孔能够较中性面孔诱发更强的一致性效应，这一效应表现为N170对出现在一致侧目标较不一致侧目标潜伏期的缩短[53]，这为面部表情调节作用的早期发展提供了神经学证据。此外，对于发展另一端的老年人而言，这一面部表情调节作用的表现则有所不同。Bailey等[65]研究发现，在老年人中，恐惧面孔则强于快乐面孔；而在年轻人中，快乐面孔诱发的提示效应强于恐惧面孔。这一差异主要由老年人在快乐面孔诱发的提示效应上的下降导致。研究者认为，这可能是因为老年人的认知资源减少，因而他们会将有限的认知资源更多地分配到与生存更为相关的刺激上。

总的来说，面部表情与注视方向信息在生命早期就出现了初级的整合，并且逐渐能够对注视追随和注视诱发的提示效应产生调节，这一调节作用会随着大脑的逐渐成熟和年龄的增长发生变化。

1.4 面部表情调制的认知神经机制

1.4.1 行为水平研究

作为一种能够提供人内在状态的线索，面部表情能够对注视提示效应产生调节，这一调节作用依赖着怎样的认知加工机制？行为水平的研究从这一调节所需的时间、涉及的注意过程等角度对其发生的机制进行了细致的探索。

Graham等[15]最早系统性地从时间维度对面部表情调节作用的机制进行了探讨。具体而言，通过控制由面孔注视方向、情绪开始发生变化到探测目标出现之间的特定长度的刺激呈现间隔（stimulus onset asynchrony，SOA），研究者比较了中性、快

乐、愤怒、厌恶、恐惧表情在短SOA（175~275 ms）和长SOA（475~575 ms）下的调节效应。结果发现，只有在较长的SOA下，恐惧、快乐面孔才能诱发较中性面孔更强的线索提示效应。结合相关的神经电生理研究，Fichtenholtz等[28]指出，情绪的调节效应需要至少300 ms的整合时间才能够发挥作用。不过，Graham等在短SOA的情况下，平均了在175~275 ms时间窗上的效应，这可能导致较长SOA（275 ms）下的效应被较短SOA（175 ms）下的效应削弱，从而导致研究者未在短SOA上发现面部表情的调节。与之对应，Putman等[26]发现200 ms SOA下，面部表情就可以对焦虑人群产生调节。Bayless等[30]则采用更为生动的视频类型的面孔表情刺激，也发现面部表情的调节作用在200 ms左右就已发生。McCrackin等[18]采用恐惧、快乐和中性面孔，设置了200~350 ms的短SOA和300~700 ms的长SOA。结果表明，早在200 ms SOA时，恐惧表情就能够诱发较快乐、变化中性、无变化中性更强的提示效应，快乐表情则可以诱发较变化中性更强的提示效应，这一调节作用可以一直延续到700 ms。这些研究结果为面部表情对注视提示效应产生快速地调节提供了证据。

另外，注视线索引导注意包含两个过程。具体而言，在早期，注视线索可以起到使得注意更快指向注视方向的定向（orienting）作用；在后期，注视线索则起到使得注意更难从注视方向脱离（disengagement）的作用。注视提示效应实际上反映的是这两种注意作用的叠加。那么，面部表情的调节作用体现在哪个注意过程？目前，绝大部分研究者所采用的是衡量注视提示效应的方法，即用不一致情况下的反应时减去一致情况下的反应时，并不能回答这一问题。有研究通过增加一个直视的基线条件来考察这一问题。当中央面孔直视时，在空间上它不会对一侧目标有所指向，加快或减慢对一侧目标的探测。因此，用直视情况下的反应时减去一致情况下的反应时，可以计算出注意定向所节约的时间。相应地，用不一致情况下的反应时减去直视情况，则可以得出注意脱离所消耗的时间。基于这一思路，研究者比较了恐惧和中性面孔在这两个效应上的差异。结果发现，相较于中性面孔，恐惧表情加快了目标出现在线索提示同侧时注意的定向，而不影响目标出现在线索指向对侧时导致的注意脱离和线索无指向时情绪本身对反应时的调节[66]。总的来说，面部表情的调节作用更多体现在注意定向这一过程。不过，目前这类研究只关注了恐惧表情的调节作用，而对于其他表情，如厌恶、愤怒、快乐的研究尚且缺乏。

此外，如前文所述，经典的按键反应更多地反映了一种内隐性注意过程，即在没有明显的眼球运动或身体移动下产生的视觉空间注意。然而，也有研究者认为外显性注意过程在其中起到了作用。面部表情的调节作用更多与内隐还是外显的注意过程相关？McCrackin等[19]对这一问题进行了探究。具体而言，研究者结合经典的按键反应实验与眼动技术，比较了恐惧、快乐、中性面孔各自诱发的注意效应。此外，为了排除是面部五官的变化而非情绪信息影响了提示效应这一解释，研究者设置了两种中性面孔，一种为无面部五官变化的经典中性面孔，另一种则为有五官变化（吐舌）的中性面孔。研究结果发现，在未移除眼动干扰的情况下，恐惧强于快乐和变化中性面孔，而不显著强于无变化中性面孔。而在移除了包含眼跳的试次后，快乐也会强于变化中性，而无变化中性则会强于快乐。这说明，面部表情对于内隐性注意的调节可能更为显著。

1.4.2 神经水平研究

面部表情和注视方向是重要的社会信息，这两类信息如何在大脑中被加工整合，形成面部表情调节作用的？针对这一问题，研究者从神经水平对面部表情调节作用的加工时程及涉及的脑区展开了探究。

采用高时间分辨率的脑电图（electroencephalogram，EEG）和脑磁图（magnetoencephalography，MEG）技术，研究者可以实时地记录大脑神经元对外界事件反应而产生的放电和磁场变化，即事件相关电位和事件相关磁场（event-related field，ERF），进而从时程上对注视方向、面部表情及面部表情调节作用的神经加工机制进行探讨。从时程上来说，对于注视方向的加工大约发生在150~200 ms间[12]，表现为对N170成分和M170成分的调节。具体而言，静态的非直视面孔较直视面孔有些微的N170波幅提升[67-68]以及M170潜伏期缩短和波幅下降[69]。然而，这一效应会受到视角[68]和面孔是否完整出现[69]的干扰。与之相对，对动态注视方向的加工更为稳定和快速。研究者对比了由直视转为看向一侧和由看向一侧转为直视两种情况。结果发现，后者能够从150 ms开始诱发更强的N170[70]和M170[71]。尽管

这一效应可能与直视导致的额外眼神接触有关，但也说明注视方向在早期就能够被加工。而对于注视方向诱发的提示效应，研究者发现，注视方向能够促进人们对于出现在注视一致侧物体的探测和加工，这一促进效应在注视线索为静态或是动态时都存在。在事件相关电位上，这一效应会表现为目标出现约100 ms后P1、N1成分潜伏期的缩短以及波幅的增强[72-73]。对于面部表情的加工时程则分为两类，一类为快速但粗略的皮层下加工，另一类则为慢速而精细的皮层上加工。采用点探测范式和视觉事件相关电位的研究则发现，恐惧面孔在90 ms左右就能在初级视觉皮层诱发较快乐面孔更强的C1成分，在130 ms左右能够在外侧枕叶诱发较中性面孔更强的与空间定位相关的P1成分[74]，这一差异在人们还未能对面部表情产生知觉判断时就已经存在。此外，研究者发现，面部表情大约能够在170 ms时被识别和判断，并且能够对N170[75]和M170[76]成分产生调节。不过，这一调节并不特异于某一表情，而是会受到快乐、恐惧、厌恶等各类表情的影响[75, 77]。总的来说，面部表情[75]和注视方向[72]均能被快速地加工，但具有不同的时程[78]。

研究者推断，对于面部表情与注视方向的整合加工可能发生在这两类信息的各自加工之后[77, 79-80]。最早的研究发现，快乐和恐惧面孔能够增强与目标注意加工有关的P1成分，但这一增强与注视方向无关。之后，特定注视方向和面部表情的组合能够增强N1成分的波幅，这反映了表情与注视方向的初步整合。最后，恐惧表情能够导致对物体加工的一致性效应，即对出现在注视方向一致侧的物体进行加工的P3成分的波幅相较不一致侧减小，这反映了面部表情的调节作用[28, 81]。据此，研究者认为，面部表情和注视方向整合并产生调节作用大约需要300 ms左右[15, 78]。不过，后续的研究则发现，这一效应可能在更早时程就已出现。研究者未发现这一早期调节的原因可能与表情呈现方式以及SOA设置有关。采用更长SOA和更生态化表情呈现方式的研究发现，与中性表情不同，恐惧、快乐、惊讶表情能够在早期导致对物体加工的一致性效应，这一效应表现为P1成分对出现在注视方向一致侧相较不一致侧的物体加工的增强[17]。而最近的MEG研究则发现，在55~70 ms之间，恐惧面孔就能导致对物体加工的一致性效应，而这一效应在快乐面孔上不会出现[82]。这一增强位于C1的范围内，并与左半球的上顶叶（superior parietal lobule，SPL）、外侧枕中回（lateral middle occipital gyrus，LMOG）的激活相关。这表明，恐惧表情能够在早期就对注意定向产生调节，这与恐惧情绪所具有的进化与生存意义相关。总的来说，上述研究表明面部表情能够调节与提示效应相关的神经指标，并且这一调节在早期就已经发生。

从这一情绪调节作用所涉及的脑区来说，研究者发现，杏仁核（amygdala）和颞上沟在面部表情的调节作用中至关重要。二者在不同的时间点、以不同的方式参与了面部表情的调节作用。杏仁核一直以来就被发现在面部表情加工中扮演着重要角色[83]。相较于中性面孔，恐惧[84-85]、快乐[86]、愤怒[87]、悲伤[88]面孔可以在杏仁核上诱发更强的激活[86]。此外，不同表情也能诱发杏仁核不同程度的激活。其中，杏仁核对于恐惧面孔最为敏感。研究者发现，左侧杏仁核对恐惧面孔会表现出较快乐面孔更强的激活，且这一激活会随面孔恐惧程度的上升而增强，而会随着面孔快乐程度上升而下降[89]。恐惧面孔也能诱发较愤怒面孔更强的杏仁核激活[90]。比较了5种情绪（厌恶、恐惧、愤怒、快乐、悲伤）和中性面孔的研究发现，只有恐惧和愤怒能够诱发较中性更强的杏仁核激活[87]。这说明，杏仁核与威胁性表情的加工更相关。此外，杏仁核也会参与注视方向的加工[91-92]，而这一加工会特异于社会性线索。如果杏仁核受损，那么对于社会性线索（如注视）的方向感知会受损，而对箭头的方向感知不会受损[93-94]。颞上沟则是参与对注视方向加工的主要脑区[95]。对猕猴进行研究发现，如果移除猕猴的颞上沟区域，不会明显影响对于面孔身份的加工，但会显著影响对注视方向的加工[96]。细胞记录研究发现，颞上沟中的部分细胞对头部和注视方向综合地做出反应，而另一部分则彼此独立地对头部朝向和注视方向做出反应[97-98]。并且，颞上沟更多与社会线索方向（如眼睛注视方向）的加工相关[99-100]。脑损伤研究发现，颞上沟区域的右侧颞上回（superior temporal gyrus，STG）受损的病人MJ被箭头方向诱发注意转向的能力完整，而被注视方向诱发注意转向的能力则缺损。颞上回区域萎缩的慢性精神分裂症患者也会表现出特异于注视方向的注意效应的缺损[9]。总的来说，颞上沟区域对注视方向的加工至关重要。此外，它也会参与面部表情的加工。对猴子和人的单细胞记录研究发现，颞上沟会对面部表情产生反

应[101-102]。采用MEG技术，研究者也发现，面部表情的视觉适应会与颞上沟的激活相关[103]。

结合注视方向和面部表情的研究则发现，杏仁核和颞上沟区在不同的时间点和位置上分别参与了对面部表情信息与注视方向信息的加工和整合[92, 104-107]。猴子的脑成像研究发现，基底外侧杏仁核（basolateral amygdala，BLA）会对威胁表情表现出比愉悦表情更强的激活，而杏仁中央核（central amygdaloid nucleus，CeA）和终纹床核（bed nucleus of stria terminalis，BNST）则对非直视人脸表现出比直视人脸更强的激活[92]。结合快速视觉呈现范式和fMRI技术的研究则发现，颞上沟的内侧和前侧对注视转向更为敏感，而中间部分则对情绪和方向信息均有反应[108]。源定位发现，对于注视方向信息的加工自150 ms从额叶区开始，于170 ms传递至眶额皮质，并在190 ms传递至颞上沟[70]。TMS研究也发现，在200~300 ms间对颞上沟区进行干扰会影响对注视方向的加工[79]，这说明颞上沟大约在200 ms左右参与了对注视方向的加工。而采用深层电极记录的研究则发现，颞上沟大约在400 ms后才参与了对面部表情的加工[109]。上述研究表明，杏仁核和颞上沟对注视方向和面部表情的加工涉及不同子区域，具有不同的时程。特别地，研究者还发现，杏仁核不仅能够分别加工注视方向和表情，还能够整合这两类信息，对直视和非直视的恐惧[110]、愤怒[111-112]、快乐[105]面孔表现出差异性激活。具体而言，杏仁核会对注视向别处而非注视向自己的恐惧面孔和注视向自己而非注视向别处的愤怒面孔表现出更强的激活。研究者认为，这一注视方向和表情对杏仁核的交互作用可能与表情的自我相关性有关[104]。当恐惧面孔注视向别处时，这暗示着环境中潜藏着威胁。当愤怒面孔注视向自己时，这暗示着对方可能对自己怀有敌意。脑损伤的研究发现，这一交互作用更多与右侧杏仁核相关。当左侧杏仁核受损时，这一交互会削弱，而当右侧杏仁核受损时，这一交互会消失[106]。不过，目前对于颞上沟和杏仁核直接参与面部表情调节作用的证据尚且缺乏，未来的研究可以更多关注二者在面部表情调节作用中扮演的角色。

综上所述，从时程上来说，对于注视方向和面部表情的加工是快速的，注视方向的加工发生在150~200 ms间，而面部表情的加工则涉及快速和慢速两个加工阶段。面部表情的调节作用可能发生在这两种信息整合后，但恐惧表情会具有更强的特异性，能够更快地产生调节。从涉及的脑区来说，杏仁核与颞上沟均能对面部表情和注视方向进行加工，但在参与加工的子区域和加工的时程上有所区别。此外，杏仁核能够整合这两类信息，并整体性地对不同的表情与注视方向组合产生反应。但目前仍缺乏直接支持杏仁核和颞上沟参与面部表情调节作用的证据。未来研究可以更直接地探究这一调节作用所涉及的神经通路，并重点关注杏仁核和颞上沟在其中扮演的角色。

2 面孔其他社会信息对社会性注意的调节

除了面部表情，面孔还包含着其他丰富的社会信息，如熟悉性和可信任度、优势度和社会地位、群体属性等，这一系列信息能否影响到注视线索的提示作用，又有何表现？

2.1 熟悉性和可信任度

研究者发现，面孔熟悉性能够调节注视提示效应。在日常生活中，人们会自然地对更熟悉的面孔表现出更强的注视追随。在Deaner等[113]的研究中，研究者采用6名杜克大学神经生物学系的教授、博士后和博士生的面孔作为中央线索，对属于这一院系的17名被试和不属于这一院系的15名被试分别进行了注视提示效应测验。实验结果发现，熟悉面孔能够诱发更强的注视提示效应。但这一增强仅在女性被试中存在，这可能与女性所具有的更高共情能力和组织能力相关[114]。此外，Slessor等[115]发现，年轻人会对更年轻的人脸表现出更强的注意转向，而老年人则会对年轻和老年面孔表现出同等程度的注意效应。研究者认为，这一差异也与熟悉性有关。年轻人更多与同龄人互动，而较少与老年人互动，因而会对相近年龄的面孔更为熟悉[116]；而老年人则会与各个年龄段的人互动（如儿子女儿、孙子孙女），因而不会在熟悉性上表现出差异[117]。值得一提的是，这一熟悉性的效应是稳定而显著的。一方面，它对注视提示效应的增强能够持续较长时间，在3 min前呈现的熟悉而非新颖面孔能够在3 min后继续诱发提示效应[118]。另一方面，这一熟悉性的影响还具有跨物种的基础。对黑冠猕猴进行研究发现，黑冠猕猴会表现出对于同伴的注视追随，并且这一效应的潜伏期会与友谊水平成负相关。换言之，黑冠猕猴会对与自己关系更亲密的个体表现出更快的注视追随[119]。

此外，面孔的可信任度也能够影响注视提示效

应。在Süßenbach等[120]的研究中，研究者将4张面孔分别与高信任度（乐于助人的好人）、低信任度（暴力的小偷）的个人描述相联结。结果发现，与可信任度更高的个人描述相联结的面孔能够诱发更强的注意提示效应。这一效应在不同个体间存在差异：高信任度面孔能够在高、低焦虑个体中诱发注视追随，而低信任度面孔则只能诱发高焦虑个体的注视追随。这可能是因为，高焦虑个体对环境中的变化表现出高警惕性，因此，哪怕这一注视转向来自一个不值得信任的个体，他们也会无法抑制地进行注视追随。

2.2 优势度与社会地位

人们对于面孔优势度、个体社会地位的认知也能够显著影响到注视提示效应，这可能与人们在进化过程中形成的遵从和关注群体中的权威、首领的本能相关。面孔优势度是指面孔具有的影响他人行为和倾向的特质，它与面孔所表现出的男性气概、社会地位相关。Jones等[121]通过面孔合成技术，合成了高优势度和低优势度面孔。实验结果发现，在较短的SOA内（200 ms），高优势度面孔能够诱发较低优势度面孔更强的注视提示效应；但这一效应在较长的SOA内会消失。这说明面孔优势度的调节作用是较为短暂而不自主的。当被试有较长时间处理这一信息时，它的调节作用就会消失。Ohlsen等[122]则用威胁性或非威胁性图片启动被试，结果发现，低优势度面孔只在非威胁性情况下诱发注意转向；高优势度面孔则在威胁性、非威胁性情境下都可以诱发注意转向。在非人灵长类的研究中也发现，更高优势度的猴子面孔能够诱发更强的注意转向效应[123]。这表明，面孔优势度的调节作用具有进化基础。

类似的，社会地位也能够影响注视提示效应。Dalmaso等[124]采用联结学习的方法，要求被试将不同的面孔与高、低社会地位的个人简历进行联结。结果发现，与高社会地位简历相联结的面孔能够诱发比与低社会地位简历相联结面孔更强的注意转向。后续研究发现，这一优势在目标出现间隔较长时（1 000 ms）会消失[125]。这说明，面孔社会地位信息的调节作用能够快速地产生，但它的效应可能会随着时间消退。另外，由刻板印象导致的社会地位认知差异也会对注视提示效应产生调节。具体而言，刻板印象中被认为更具社会地位的白色人种面孔能够诱发较黑色人种面孔更强、更稳定的注视追随[126]。这也为社会地位对注视提示效应的调节提供了侧面的证据。

2.3 群体属性

人们对于注视的追随还会受到面孔群体属性的影响。例如，在政治群体中，人们更容易受到与自己同属一个政党的领导者注视方向的干扰。研究者采用分属于意大利左翼、右翼两党派的4个领导人的面孔作为中心干扰刺激，结果发现，右翼投票者更多地受到右翼领导人面孔的影响，这一效应与其政治倾向强度成正比[127]。脑机制的研究发现，这一政治内群体的效应与位于额顶网络（fronto-parietal network，FPN）的左侧额叶视区（left frontal eye field，lFEF）的激活最为相关[128]。而在出现外群体威胁时，这一对内群体成员表现出更强注视追随效应的模式则会反转。在Chen等[129]的研究中，研究者让两组被试分别阅读了关于中日战争、中韩友好关系的两篇文章，之后分别用中性的中国人脸、日本人脸和中国人脸、韩国人脸作为中央线索。结果发现，人们会对威胁了内群体的外群体面孔表现出更强的注视提示效应，这可能与面孔给自我和内群体带来的威胁感知相关。相关脑研究发现，这一效应也与和注意选择、执行控制相关的额顶叶网络激活相关[130]。这说明群体属性的调节作用可能与注意的选择和控制有关。

总的来说，面孔的熟悉性和可信任度、优势度和社会地位、群体属性等能够调节注视提示效应。这可能是因为，这类信息提供了关于注视线索的可靠性、重要性等的价值参考，使得人们能够根据线索的价值对注视线索进行选择性地注意追随，进而表现出不同程度的注意效应。

3 讨论与展望

眼睛注视线索可以影响人们的注意转移，并且这一效应受到面孔的情绪等社会信息的调控。面孔情绪信息能够帮助人们评估环境中的刺激，从而更快地对可能存在的威胁进行捕获。这一调节作用会受到任务情境、目标情绪以及个体特性的影响。行为与神经证据表明，这一调节作用需要一定的加工时间，并且依赖着较为复杂的认知注意过程。杏仁核和颞上沟可能与这一调节作用相关，但目前仍缺乏二者直接参与面部表情的调节作用的证据。而面孔的其他社会信息，如熟悉性与可信任度、优势度与社会地位、群体属性等也能调节这一效应。这一调节可能与对面孔线索的认知评价有关，涉及到与注意选择和执行控制有关的脑区，如左侧额叶视区

和额顶注意网络。

值得一提的是，这一面孔社会信息的调节作用背后可能隐藏着一个复杂的内隐推理过程。具体来说，注视方向提供了关于他人注意焦点的线索[12]，能够诱发显著的注意定向[1-2]。而在此基础上，面部表情、优势度、可信任度、熟悉性这些额外的社会信息，则能够帮助人们形成对他人心理状态的推测[14]，进而根据这一推测，评价环境中出现的物体[131]、捕获临近的威胁或奖赏[15，30]，指导自己的社会性注意行为。这一隐含在面孔社会信息调节作用背后的内在推理过程能够帮助人们从纷繁复杂的环境中，找出与自身最为相关、最重要的线索，具有重要的进化和生存意义。例如，恐惧、惊讶、愤怒面孔表现出的提示效应增强现象，可能是因为这类表情与生存的关联更为紧密。而恐惧与蛇之间更强的关联性可能导致了恐惧面孔在蛇类恐惧症患者中提示效应的增强。类似的，面孔其他社会信息的调节作用也能够被这一内在评估过程解释。当线索来自一个更熟悉可信、更具社会权威的个体时，人们对于这一线索的价值评估会上升，因此会更容易追随这一注视线索。总的来说，人们对于注视线索相关性、显著性的内隐推理过程从生存和进化上为面孔社会信息的调节作用提供了解释，也揭示了这一调节作用的本质。

总的来说，已有的研究发现，面孔的情绪及其他社会信息会对注视提示效应产生不同程度的调节，不同的面孔社会信息的调节作用可能涉及到不同的脑区。不过，一方面，当前的研究更多还是从面孔加工的角度出发，探究大脑对注视方向、面部情绪等社会信息加工的神经机制，而较少有研究直接对面孔社会信息调节注视提示效应这一作用的神经机制进行探究。未来的研究可以更为直接而细化地对这一调节作用的神经机制进行研究，并进一步探索不同的社会信息调节作用可能涉及到的脑区。另一方面，面孔的各类社会信息的加工并非是相互独立的，而是相互影响的，并且能够共同对注视提示效应产生调节。在实际生活中，人们也常常将面孔不同方面的社会信息整合在一起，指导自身的注意行为。结合面部表情与年龄这两个因素的研究发现，老年人会对于自己年龄阶段的快乐面孔表现出更强的注视追随，而这一现象不会在恐惧面孔上出现[65]。脑机制研究也指出，人脑中的某些区域可以对面孔社会信息进行整合加工。比如，后侧颞上沟（posterior superior temporal sulcus，pSTS）可以对面部表情、身份、注视方向信息进行整合加工。具体而言，后侧颞上沟中的一个区域会对表情和注视方向变化的同一身份个体更敏感；当看见同一个体时，大脑中后侧颞上沟和梭状回面孔区（fusiform face area，FFA）的功能联结也会更强[132]。上述研究均说明，不同的面孔社会信息会产生交互，共同影响社会性注意行为。未来研究可以纳入更多的变量来综合探讨面孔社会信息对于注视提示效应的调节，并进一步探索这一复杂的调节作用涉及的脑区和功能联结，系统性地构建面孔社会信息调节社会性注意的脑网络。

此外，研究者还可以考虑变换实验范式，多方面、多角度地探讨面孔社会信息的调节作用。比如，Becker等[133]在经典的社会性注意范式的基础上进行了改变，同时呈现了两张面孔，一张为看向目标出现位置的一致面孔，另一张为看向相反位置的不一致面孔。通过比较不同情绪的面孔作为一致和不一致面孔时被试反应时的差异，研究者可以对不同情绪面孔诱发的注视追随效应进行两两比较，进而探究情绪的调节作用。这一范式与现实中经常发生的多人交互、注意竞争场景更为接近，并且能够对不同的面部表情诱发的注意效应进行直接比较，具有较高的生态效度。他们的研究结果发现，相较于中性、快乐面孔，恐惧面孔能更快地引导注意。这一结果与采用经典的实验范式的研究结果类似[15，17，24]。不过，研究者发现，相较于快乐面孔，中性面孔能够更强地引导注视追随[133-134]，这与前人发现的快乐强于中性或无差异的结果不同[15，18，23]，二者关系仍需未来研究探明。采用这一范式，未来研究者还可以更广泛地探究其他表情对于注视追随的调节，为面部表情的调节作用提供更多证据。

另外，现有的关于注视提示效应的研究主要是实验室研究，但实验室的研究却并不一定能拓展到自然、真实的社交场景。这是因为，眼睛注视不仅具有指示功能，还具有交流沟通功能。在实验室的场景中，被试在对电脑呈现的图片进行注视追随时，不涉及真实的交互，不需要考虑自己的注视追随行为对他人的影响；而在真实场景中，对他人的注视跟随可能表现出了潜在的沟通欲望。因此，为了避免陌生人产生自己想与其进行交流的错觉，被试可能会抑制自己对于陌生人的注视追随[135]。这一真实性可能会影响到面孔社会信息的调节作用。比如，研究者发现，出于社会规范和风俗习惯的考

虑，当被试认为屏幕上的对方会看见自己时，被试会显著减少对于高社会地位个体眼睛区域的注视[136]，这可能会减少被试对高社会地位个体的注视追随。然而，目前只有少数研究在真实场景中探究了面孔的情绪和其他社会信息对注视提示效应的调节。例如，Gallup等[137]进行了现场实验，在每次有人进入大楼时，研究者所雇佣的女演员会从另一侧接近行人，然后看向隐藏摄像头，并表演出中性、快乐、怀疑或恐惧的表情。研究者采用隐藏摄像机记录了路过的行人的注视追随。结果发现，与预期相符的是，相较于快乐和中性的表情，怀疑或恐惧的表情会诱发更多的注视追随，但这一效应在以群体形式路过的行人中更为显著。这一群体性的面部表情调节作用可能与群体规范相关，具有一定的社会意义。总的来说，社会情境中的注视追随与实验室中的研究并不完全一致，它更多与社会规范相关。未来的研究可以更多地在自然环境中进行实验，对面孔社会信息的调节作用进行更为生态化的探索。

尽管眼睛注视是生活情境中最为常见和显著的社会性线索，但它并不是唯一的线索。当前的研究主要使用面孔刺激作为中央线索，探究情绪等社会信息对注意效应的调节作用。然而，对于情绪等社会信息如何调节其他社会线索，如生物运动（biological motion，BM）诱发的注意效应则知之甚少。生物运动刺激是一类由十几个光点组成，分别模拟了人的头、肩膀、手肘、手、腰、膝盖和脚的运动的生物性线索。研究发现，人们从6个月开始就能判断其所带有的方向信息[138]，4岁开始就能受其影响产生注意定向[139]。与注视线索相似，它也可以诱发反射性的注意转向[140-141]。更重要的是，生物运动同样蕴含丰富的社会信息，如快乐、悲伤等情绪信息和性别等其他社会信息[142-143]。这些信息能够被准确加工并影响到相关认知过程。例如，带有情绪信息（如快乐、愤怒）的生物运动会比中性的生物运动更容易被探测到[144-145]，且快乐比愤怒更容易探测[146]。此外，生物运动的情绪也会与其他社会信息间发生相互的影响，例如愤怒的生物运动更可能被判为男性，而悲伤的生物运动更有可能被判为女性[147]。而个体差异如年龄[148]、焦虑特质[149]、自闭程度[150-151]也会影响到生物运动的情绪加工和其他社会信息认知。然而，当前关于情绪和其他社会信息如何影响生物运动线索诱发的社会性注意的研究则较少。未来研究可以更多地关注生物运动这一社会线索。一方面，这可以从另一个角度，为情绪等社会信息对于提示效应的调节提供证据。另一方面，已有的研究发现，生物运动与面孔等社会线索诱发的提示效应具有相同的遗传基础[152]，并且共享相似的神经机制[153]。这与Brothers[154]提出的在大脑中存在着一个专门负责对情绪、意图、心理状态等社会信息进行认知加工的区域（社会性大脑）假设不谋而合。探究社会信息对生物运动诱发的提示效应的调节，可以拓展当前对面孔、生物运动等社会线索诱发的提示效应是否共享机制的探讨，并进一步探索情绪、性别等社会信息能否以类似的方式对这一注意进行调节，具有重要的理论意义。此外，关注面部社会信息对社会线索诱发的注意效应的调节作用及其神经机制可以帮助研究者更好地理解注视、生物运动等社会线索在社会交往中的作用，并帮助解释社会认知障碍患者在社会性注意、情绪加工上表现出的普遍异常，为相关疾病的干预和治疗提供参考，具有理论与临床价值。

参 考 文 献

[1] Driver J, Davis G, Ricciardelli P, *et al*. Gaze peception triggers reflexive visuospatial orienting. Vis Cogn, 1999, **6**(5): 509-540

[2] Friesen C K, Ristic J, Kingstone A. Attentional effects of counterpredictive gaze and arrow cues. J Exp Psychol Hum Percept Perform, 2004, **30**(2): 319-329

[3] Ristic J, Wright A, Kingstone A. Attentional control and reflexive orienting to gaze and arrow cues. Psychon Bull Rev, 2007, **14**(5): 964-969

[4] Bonmassar C, Pavani F, Van Zoest W. The role of eye movements in manual responses to social and nonsocial cues. Atten Percept Psychophys, 2019, **81**(5): 1236-1252

[5] Baron-Cohen S. Mindblindness: an Essay on Autism and Theory of Mind. London: the MIT Press. 1995: xxii, 171

[6] Brooks R, Meltzoff A N. Gaze Following: a Mechanism for Building Social Connections Between Infants and Adults. Mechanisms of Social Connection: from brain to group. Washington, DC: American Psychological Association. 2014: 167-183

[7] Frischen A, Bayliss A P, Tipper S P. Gaze cueing of attention: visual attention, social cognition, and individual differences. Psychol Bull, 2007, **133**(4): 694-724

[8] Marotta A, Casagrande M, Rosa C, *et al*. Impaired reflexive orienting to social cues in attention deficit hyperactivity disorder. Eur Child Adolesc Psychiatry, 2014, **23**(8): 649-657

[9] Akiyama T, Kato M, Muramatsu T, *et al*. Gaze-triggered orienting is reduced in chronic schizophrenia. Psychiatry Res, 2008, **158**(3): 287-296

[10] Dalmaso M, Galfano G, Tarqui L, *et al*. Is social attention impaired in schizophrenia? Gaze, but not pointing gestures, is associated

with spatial attention deficits. Neuropsychology, 2013, **27**(5): 608-613

[11] Langdon R, Corner T, Mclaren J, *et al*. Attentional orienting triggered by gaze in schizophrenia. Neuropsychologia, 2006, **44**(3): 417-429

[12] Itier R J, Batty M. Neural bases of eye and gaze processing: the core of social cognition. Neurosci Biobehav Rev, 2009, **33**(6): 843-863

[13] Ekman P, Friesen W V. Constants Across Cultures in the Face and Emotion. Washington, DC: American Psychological Association. 1971: 124-129

[14] Shamay-Tsoory S G, Tibi-Elhanany Y, Aharon-Peretz J. The green-eyed monster and malicious joy: the neuroanatomical bases of envy and gloating (schadenfreude). Brain, 2007, **130**(6): 1663-1678

[15] Graham R, Kelland Friesen C, Fichtenholtz H M, *et al*. Modulation of reflexive orienting to gaze direction by facial expressions. Vis Cogn, 2010, **18**(3): 331-368

[16] Lassalle A, Itier R J. Emotional modulation of attention orienting by gaze varies with dynamic cue sequence. Vis Cogn, 2015, **23**(6): 720-735

[17] Lassalle A, Itier R J. Fearful, surprised, happy, and angry facial expressions modulate gaze-oriented attention: behavioral and ERP evidence. Soc Neurosci, 2013, **8**(6): 583-600

[18] Mccrackin S D, Itier R J. Both fearful and happy expressions interact with gaze direction by 200 ms SOA to speed attention orienting. Vis Cogn, 2018, **26**(4): 231-252

[19] Mccrackin S D, Soomal S K, Patel P, *et al*. Spontaneous eye-movements in neutral and emotional gaze-cuing: an eye-tracking investigation. Heliyon, 2019, **5**(4): e01583

[20] Pecchinenda A, Pes M, Ferlazzo F, *et al*. The combined effect of gaze direction and facial expression on cueing spatial attention. Emotion, 2008, **8**: 628-634

[21] Liu J, Shi Y, Whitaker L, *et al*. Facial expressions modulate the gaze orienting effect on sound localization judgement. Vis Cogn, 2019, **27**(2): 109-119

[22] Holmes A, Richards A, Green S. Anxiety and sensitivity to eye gaze in emotional faces. Brain and Cogn, 2006, **60**(3): 282-294

[23] Neath K, Nilsen E S, Gittsovich K, *et al*. Attention orienting by gaze and facial expressions across development. Emotion, 2013, **13**: 397-408

[24] Mccrackin S D, Itier R J. Individual differences in the emotional modulation of gaze-cuing. Cogn Emot, 2019, **33**(4): 768-800

[25] Lassalle A, Itier R J. Autistic traits influence gaze-oriented attention to happy but not fearful faces. Soc Neurosci, 2015, **10**(1): 70-88

[26] Putman P, Hermans E, Van Honk J. Anxiety meets fear in perception of dynamic expressive gaze. Emotion, 2006, **6**(1): 94-102

[27] Friesen C K, Halvorson K M, Graham R. Emotionally meaningful targets enhance orienting triggered by a fearful gazing face. Cogn Emot, 2011, **25**(1): 73-88

[28] Fichtenholtz H M, Hopfinger J B, Graham R, *et al*. Happy and fearful emotion in cues and targets modulate event-related potential indices of gaze-directed attentional orienting. Soc Cogn Affect Neurosci, 2007, **2**(4): 323-333

[29] Kuhn G, Tipples J. Increased gaze following for fearful faces. it depends on what you're looking for!. Psychon Bull Rev, 2011, **18**(1): 89-95

[30] Bayless S J, Glover M, Taylor M J, *et al*. Is it in the eyes? Dissociating the role of emotion and perceptual features of emotionally expressive faces in modulating orienting to eye gaze. Vis Cogn, 2011, **19**(4): 483-510

[31] Hori E, Tazumi T, Umeno K, *et al*. Effects of facial expression on shared attention mechanisms. Physiol Behav, 2005, **84**(3): 397-405

[32] Teufel C, Gutmann A, Pirow R, *et al*. Facial expressions modulate the ontogenetic trajectory of gaze-following among monkeys. Dev Sci, 2010, **13**(6): 913-922

[33] Goossens B M A, Dekleva M, Reader S M, *et al*. Gaze following in monkeys is modulated by observed facial expressions. Anim Behav, 2008, **75**(5): 1673-1681

[34] Hietanen J K, Leppänen J M. Does Facial Expression Affect Attention Orienting by Gaze Direction Cues?. Washington, DC: American Psychological Association. 2003: 1228-1243

[35] Coy A L, Nelson N L, Mondloch C J. No experimental evidence for emotion-specific gaze cueing in a threat context. Cogn and Emot, 2019, **33**(6): 1144-1154

[36] Bayliss A P, Schuch S, Tipper S P. Gaze cueing elicited by emotional faces is influenced by affective context. Vis Cogn, 2010, **18**(8): 1214-1232

[37] Pletti C, Dalmaso M, Sarlo M, *et al*. Gaze cuing of attention in snake phobic women: the influence of facial expression. Front Psychol, 2015, **6**: 454

[38] Ponari M, Trojano L, Grossi D, *et al*. "Avoiding or approaching eyes"? Introversion/extraversion affects the gaze-cueing effect. Cogn Process, 2013, **14**(3): 293-299

[39] Uono S, Sato W, Toichi M. Dynamic fearful gaze does not enhance attention orienting in individuals with Asperger's disorder. Brain Cogn, 2009, **71**(3): 229-233

[40] Mathews A, Fox E, Yiend J, *et al*. The face of fear: effects of eye gaze and emotion on visual attention. Vis Cogn, 2003, **10**(7): 823-835

[41] Uono S, Sato W, Toichi M. Dynamic fearful expressions enhance gaze-triggered attention orienting in high and low anxiety individuals. Soc Behav and Pers, 2009, **37**(10): 1313-1326

[42] Dugas M J, Gosselin P, Ladouceur R. Intolerance of uncertainty and worry: investigating specificity in a nonclinical sample. Cogn Ther Res, 2001, **25**(5): 551-558

[43] Tipples J. Fear and fearfulness potentiate automatic orienting to eye gaze. Cogn Emot, 2006, **20**(2): 309-320

[44] Fox E, Mathews A, Calder A J, *et al*. Anxiety and sensitivity to gaze direction in emotionally expressive faces. Emotion, 2007, **7**(3): 478-486

[45] Kennedy B L, Schwab J J, Morris R L, *et al*. Assessment of state and trait anxiety in subjects with anxiety and depressive disorders. Psychiatr Q, 2001, **72**(3): 263-276

[46] Baron-Cohen S, Wheelwright S, Skinner R, *et al*. The autism-spectrum quotient (AQ): evidence from asperger syndrome/high-functioning autism, malesand females, scientists and

mathematicians. J Autism Dev Disord, 2001, **31**(1): 5-17

[47] Kohler C G, Walker J B, Martin E A, *et al*. Facial emotion perception in schizophrenia: a meta-analytic review. Schizophr Bull, 2009, **36**(5): 1009-1019

[48] Wallace S, Coleman M, Bailey A. An investigation of basic facial expression recognition in autism spectrum disorders. Cogn Emot, 2008, **22**(7): 1353-1380

[49] Hooker C, Park S. You must be looking at me: the nature of gaze perception in schizophrenia patients. Cogn Neuropsychiatry, 2005, **10**(5): 327-345

[50] Wallace S, Coleman M, Pascalis O, *et al*. A study of impaired judgment of eye-gaze direction and related face-processing deficits in autism spectrum disorders. Perception, 2006, **35**(12): 1651-1664

[51] Dalton K M, Nacewicz B M, Johnstone T, *et al*. Gaze fixation and the neural circuitry of face processing in autism. Nat Neurosci, 2005, **8**(4): 519-526

[52] Schwartz B L, Vaidya C J, Howard J H, *et al*. Attention to gaze and emotion in schizophrenia. Neuropsychology, 2010, **24**(6): 711-720

[53] De Jong M C, Van Engeland H, Kemner C. Attentional effects of gaze shifts are influenced by emotion and spatial frequency, but not in autism. J Am Acad Child Adolesc Psychiatry, 2008, **47**(4): 443-454

[54] Franchini M, Glaser B, Gentaz E, *et al*. The effect of emotional intensity on responses to joint attention in preschoolers with an autism spectrum disorder. Res Autism Spectr Disord, 2017, **35**: 13-24

[55] Reid V M, Striano T, Kaufman J, *et al*. Eye gaze cueing facilitates neural processing of objects in 4-month-old infants. Neuroreport, 2004, **15**(16): 2553-2555

[56] Hoehl S, Wiese L, Striano T. Young infants' neural processing of objects is affected by eye gaze direction and emotional expression. PLoS One, 2008, **3**(6): e2389

[57] Richards J E. Attention affects the recognition of briefly presented visual stimuli in infants: an ERP study. Dev Sci, 2003, **6**(3): 312-328

[58] Hoehl S, Palumbo L, Heinisch C, *et al*. Infants' attention is biased by emotional expressions and eye gaze direction. Neuroreport, 2008, **19**(5): 579-582

[59] Hoehl S, Striano T. The development of emotional face and eye gaze processing. Dev Sci, 2010, **13**(6): 813-825

[60] Flom R, Pick A D. Experimenter affective expression and gaze following in 7-month-olds. Infancy, 2005, **7**(2): 207-218

[61] Rigato S, Menon E, Gangi V D, *et al*. The role of facial expressions in attention-orienting in adults and infants. Int J Behav Dev 2013, **37**(2): 154-159

[62] Pecchinenda A, Petrucci M. Emotion first: children prioritize emotional faces in gaze-cued attentional orienting. Psychol Res, 2019, **85**: 101-111

[63] Dawel A, Palermo R, O'kearney R, *et al*. Fearful faces drive gaze-cueing and threat bias effects in children on the lookout for danger. Dev Sci, 2015, **18**(2): 219-231

[64] Neath K, Nilsen E S, Gittsovich K, *et al*. Attention orienting by gaze and facial expressions across development. Emotion, 2013, **13**(3): 397-408

[65] Bailey P E, Slessor G, Rendell P G, *et al*. Age differences in conscious versus subconscious social perception: the influence of face age and valence on gaze following. Psychol Aging, 2014, **29**(3): 491-502

[66] Carlson J M. Facilitated orienting underlies fearful face-enhanced gaze cueing of spatial location. Cogent Psychol, 2016, **3**(1): 1147120

[67] Watanabe S, Miki K, Kakigi R. Gaze direction affects face perception in humans. Neurosci Lett, 2002, **325**(3): 163-166

[68] Itier R J, Alain C, Kovacevic N, *et al*. Explicit versus implicit gaze processing assessed by ERPs. Brain Res, 2007, **1177**: 79-89

[69] Taylor M J, George N, Ducorps A. Magnetoencephalographic evidence of early processing of direction of gaze in humans. Neurosci Lett, 2001, **316**(3): 173-177

[70] Conty L, N'diaye K, Tijus C, *et al*. When eye creates the contact! ERP evidence for early dissociation between direct and averted gaze motion processing. Neuropsychologia, 2007, **45**(13): 3024-3037

[71] Watanabe S, Kakigi R, Miki K, *et al*. Human MT/V5 activity on viewing eye gaze changes in others: a magnetoencephalographic study. Brain Res, 2006, **1092**(1): 152-160

[72] Schuller A M, Rossion B. Spatial attention triggered by eye gaze increases and speeds up early visual activity. Neuroreport, 2001, **12**(11): 2381-2386

[73] Schuller A M, Rossion B. Perception of static eye gaze direction facilitates subsequent early visual processing. Clin Neurophysiol, 2004, **115**(5): 1161-1168

[74] Pourtois G, Grandjean D, Sander D, *et al*. Electrophysiological correlates of rapid spatial orienting towards fearful faces. Cereb Cortex, 2004, **14**(6): 619-633

[75] Pizzagalli D, Regard M, Lehmann D. Rapid emotional face processing in the human right and left brain hemispheres: an ERP study. Neuroreport, 1999, **10**(13): 2691-2698

[76] Halgren E, Raij T, Marinkovic K, *et al*. Cognitive response profile of the human fusiform face area as determined by MEG. Cereb Cortex, 2000, **10**(1): 69-81

[77] Vuilleumier P, Pourtois G. Distributed and interactive brain mechanisms during emotion face perception: evidence from functional neuroimaging. Neuropsychologia, 2007, **45**(1): 174-194

[78] Klucharev V, Sams M. Interaction of gaze direction and facial expressions processing: ERP study. Neuroreport, 2004, **15**(4): 621-625

[79] Pourtois G, Sander D, Andres M, *et al*. Dissociable roles of the human somatosensory and superior temporal cortices for processing social face signals. Eur J Neurosci, 2004, **20**(12): 3507-3515

[80] Graham R, Labar K S. Garner interference reveals dependencies between emotional expression and gaze in face perception. Emotion, 2007, **7**(2): 296-313

[81] Fichtenholtz H M, Hopfinger J B, Graham R, *et al*. Event-related potentials reveal temporal staging of dynamic facial expression and gaze shift effects on attentional orienting. Soc Neurosci, 2009, **4**(4): 317-331

[82] Lachat F, Farroni T, George N. Watch out!

Magnetoencephalographic evidence for early modulation of attention orienting by fearful gaze cueing. PLoS One, 2012, **7**(11): e50499

[83] Wang S, Tudusciuc O, Mamelak A N, *et al*. Neurons in the human amygdala selective for perceived emotion. Proc Natl Acad Sci USA, 2014, **111**(30): E3110-E3119

[84] Whalen P J, Kagan J, Cook R G, *et al*. Human amygdala responsivity to masked fearful eye whites. Science, 2004, **306**(5704): 2061

[85] Adolphs R, Tranel D, Hamann S, *et al*. Recognition of facial emotion in nine individuals with bilateral amygdala damage. Neuropsychologia, 1999, **37**(10): 1111-1117

[86] Breiter H C, Etcoff N L, Whalen P J, *et al*. Response and habituation of the human amygdala during visual processing of facial expression. Neuron, 1996, **17**(5): 875-887

[87] Mattavelli G, Sormaz M, Flack T, *et al*. Neural responses to facial expressions support the role of the amygdala in processing threat. Soc Cogn Affect Neurosci, 2014, **9**(11): 1684-1689

[88] Blair R J R, Morris J S, Frith C D, *et al*. Dissociable neural responses to facial expressions of sadness and anger. Brain, 1999, **122**(5): 883-893

[89] Morris J S, Frith C D, Perrett D I, *et al*. A differential neural response in the human amygdala to fearful and happy facial expressions. Nature, 1996, **383**(6603): 812-815

[90] Whalen P J, Shin L M, Mcinerney S C, *et al*. A functional MRI study of human amygdala responses to facial expressions of fear versus anger. Emotion, 2001, **1**(1): 70-83

[91] Tazumi T, Hori E, Maior R S, *et al*. Neural correlates to seen gaze-direction and head orientation in the macaque monkey amygdala. Neuroscience, 2010, **169**(1): 287-301

[92] Hoffman K L, Gothard K M, Schmid Michael c, *et al*. Facial-expression and gaze-selective responses in the monkey amygdala. Curr Biol, 2007, **17**(9): 766-772

[93] Akiyama T, Kato M, Muramatsu T, *et al*. Unilateral amygdala lesions hamper attentional orienting triggered by gaze direction. Cereb Cortex, 2007, **17**(11): 2593-2600

[94] Young A W, Aggleton J P, Hellawell D J, *et al*. Face processing impairments after amygdalotomy. Brain, 1995, **118**(1): 15-24

[95] Hoffman E A, Haxby J V. Distinct representations of eye gaze and identity in the distributed human neural system for face perception. Nat Neurosci, 2000, **3**(1): 80-84

[96] Heywood C A, Cowey A. The role of the 'face-cell' area in the discrimination and recognition of faces by monkeys. Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci, 1992, **335**(1273): 31-38

[97] Souza W C D, Eifuku S, Tamura R, *et al*. Differential characteristics of face neuron responses within the anterior superior temporal sulcus of macaques. J Neurophysiol, 2005, **94**(2): 1252-1266

[98] Freiwald W A, Tsao D Y. Functional compartmentalization and viewpoint generalization within the macaque face-processing system. Science, 2010, **330**(6005): 845

[99] Hooker C I, Paller K A, Gitelman D R, *et al*. Brain networks for analyzing eye gaze. Cogn Brain Res, 2003, **17**(2): 406-418

[100] Kingstone A, Tipper C, Ristic J, *et al*. The eyes have it!: an fMRI investigation. Brain Cogn, 2004, **55**(2): 269-271

[101] Hasselmo M E, Rolls E T, Baylis G C. The role of expression and identity in the face-selective responses of neurons in the temporal visual cortex of the monkey. Behav Brain Res, 1989, **32**(3): 203-218

[102] Ojemann J G, Ojemann G A, Lettich E. Neuronal activity related to faces and matching in human right nondominant temporal cortex. Brain, 1992, **115**(1): 1-13

[103] Furl N, Van Rijsbergen N J, Treves A, *et al*. Experience-dependent coding of facial expression in superior temporal sulcus. Proc Natl Acad Sci USA, 2007, **104**(33): 13485

[104] N'diaye K, Sander D, Vuilleumier P. Self-relevance processing in the human amygdala: gaze direction, facial expression, and emotion intensity. Emotion, 2009, **9**(6): 798-806

[105] Sato W, Kochiyama T, Uono S, *et al*. Amygdala integrates emotional expression and gaze direction in response to dynamic facial expressions. Neuroimage, 2010, **50**(4): 1658-1665

[106] Cristinzio C, N'diaye K, Seeck M, *et al*. Integration of gaze direction and facial expression in patients with unilateral amygdala damage. Brain, 2010, **133**(1): 248-261

[107] Adams R B, Franklin R G, Nelson A J, *et al*. Differentially tuned responses to restricted versus prolonged awareness of threat: a preliminary fMRI investigation. Brain Cogn, 2011, **77**(1): 113-119

[108] Engell A D, Haxby J V. Facial expression and gaze-direction in human superior temporal sulcus. Neuropsychologia, 2007, **45**(14): 3234-3241

[109] Krolak-Salmon P, Hénaff M A, Vighetto A, *et al*. Early amygdala reaction to fear spreading in occipital, temporal, and frontal cortex: a depth electrode ERP study in human. Neuron, 2004, **42**(4): 665-676

[110] Hadjikhani N, Hoge R, Snyder J, *et al*. Pointing with the eyes: the role of gaze in communicating danger. Brain Cogn, 2008, **68**(1): 1-8

[111] Sato W, Yoshikawa S. The dynamic aspects of emotional facial expressions. Cogn Emot, 2004, **18**(5): 701-710

[112] Adams R B, Kleck R E. Perceived gaze direction and the processing of facial displays of emotion. Psychol Sci, 2003, **14**(6): 644-647

[113] Deaner R O, Shepherd S V, Platt M L. Familiarity accentuates gaze cuing in women but not men. Biol Lett, 2007, **3**(1): 64-67

[114] Alwall N, Johansson D, Hansen S. The gender difference in gaze-cueing: associations with empathizing and systemizing. Perso Individ Differ, 2010, **49**(7): 729-732

[115] Slessor G, Laird G, Phillips L H, *et al*. Age-related differences in gaze following: does the age of the face matter?. J Gerontol B Psychol Sci and Soc Sci, 2010, **65**(5): 536-541

[116] Wolff N, Wiese H, Schweinberger S R. Face recognition memory across the adult life span: event-related potential evidence from the own-age bias. Psychol Aging, 2012, **27**(4): 1066-1081

[117] Macchi Cassia V. Age biases in face processing: the effects of experience across development. Br J Psychol, 2011, **102**(4): 816-829

[118] Frischen A, Tipper S P. Long-term gaze cueing effects: evidence for retrieval of prior states of attention from memory. Vis Cogn, 2006, **14**(3): 351-364

[119] Micheletta J, Waller B M. Friendship affects gaze following in a

tolerant species of macaque, *Macaca* nigra. Anim Behav, 2012, **83**(2): 459-467

[120] Süßenbach F, Schönbrodt F. Not afraid to trust you: trustworthiness moderates gaze cueing but not in highly anxious participants. J Cogn Psychol, 2014, **26**(6): 670-678

[121] Jones B C, Debruine L M, Main J C, *et al*. Facial cues of dominance modulate the short-term gaze-cuing effect in human observers. Proc R Soc B Biol Sci, 2010, **277**(1681): 617-624

[122] Ohlsen G, Van Zoest W, Van Vugt M. Gender and facial dominance in gaze cuing: emotional context matters in the eyes that we follow. PLoS One, 2013, **8**(4): e59471

[123] Shepherd S V, Deaner R O, Platt M L. Social status gates social attention in monkeys. Curr Biol, 2006, **16**(4): R119-120

[124] Dalmaso M, Pavan G, Castelli L, *et al*. Social status gates social attention in humans. Biol Lett, 2012, **8**(3): 450-452

[125] Dalmaso M, Galfano G, Coricelli C, *et al*. Temporal dynamics underlying the modulation of social status on social attention. PLoS One, 2014, **9**(3): e93139

[126] Pavan G, Dalmaso M, Galfano G, *et al*. Racial group membership is associated to gaze-mediated orienting in Italy. PLoS One, 2011, **6**(10): e25608

[127] Liuzza M T, Cazzato V, Vecchione M, *et al*. Follow my eyes: the gaze of politicians reflexively captures the gaze of ingroup voters. PLoS One, 2011, **6**(9): e25117

[128] Cazzato V, Liuzza M T, Caprara G V, *et al*. The attracting power of the gaze of politicians is modulated by the personality and ideological attitude of their voters: a functional magnetic resonance imaging study. Eur J Neurosci, 2015, **42**(8): 2534-2545

[129] Chen Y, Zhao Y. Intergroup threat gates social attention in humans. Biol Lett, 2015, **11**(2): 20141055

[130] Chen Y, Zhao Y, Song H, *et al*. The neural basis of intergroup threat effect on social attention. Sci Rep, 2017, **7**(1): 41062

[131] Bayliss A P, Frischen A, Fenske M J, *et al*. Affective evaluations of objects are influenced by observed gaze direction and emotional expression. Cognition, 2007, **104**(3): 644-653

[132] Baseler H A, Harris R J, Young A W, *et al*. Neural responses to expression and gaze in the posterior superior temporal sulcus interact with facial identity. Cereb Cortex, 2012, **24**(3): 737-744

[133] Becker M W. The effectiveness of a gaze cue depends on the facial expression of emotion: evidence from simultaneous competing cues. Atten Percept Psychophys, 2010, **72**(7): 1814-1824

[134] Carlson J M, Aday J. In the presence of conflicting gaze cues, fearful expression and eye-size guide attention. Cogn Emot, 2018, **32**(6): 1178-1188

[135] Risko E F, Richardson D C, Kingstone A. Breaking the fourth wall of cognitive science: real-world social attention and the dual function of gaze. Curr Dir Psychol Sci, 2016, **25**(1): 70-74

[136] Gobel M S, Kim H S, Richardson D C. The dual function of social gaze. Cognition, 2015, **136**: 359-364

[137] Gallup A C, Chong A, Kacelnik A, *et al*. The influence of emotional facial expressions on gaze-following in grouped and solitary pedestrians. Sci Rep, 2014, **4**(1): 5794

[138] Kuhlmeier V A, Troje N F, Lee V. Young infants detect the direction of biological motion in point-light displays. Infancy, 2010, **15**(1): 83-93

[139] Zhao J, Wang L, Wang Y, *et al*. Developmental tuning of reflexive attentional effect to biological motion cues. Sci Rep, 2014, **4**: 5558-5558

[140] Shi J, Weng X, He S, *et al*. Biological motion cues trigger reflexive attentional orienting. Cognition, 2010, **117**(3): 348-354

[141] Wang L, Yang X, Shi J, *et al*. The feet have it: local biological motion cues trigger reflexive attentional orienting in the brain. Neuroimage, 2014, **84**(1): 217-224

[142] Troje N F. Retrieving Information From Human Movement Patterns. Understanding Events: From Perception to Action. New York: Oxford University Press. 2008: 308-334

[143] Troje N F. Decomposing biological motion: a framework for analysis and synthesis of human gait patterns. J Vis, 2002, **2**(5): 371-387

[144] Chouchourelou A, Matsuka T, Harber K, *et al*. The visual analysis of emotional actions. Soc Neurosci, 2006, **1**(1): 63-74

[145] Ikeda H, Watanabe K. Anger and happiness are linked differently to the explicit detection of biological motion. Perception, 2009, **38**(7): 1002-1011

[146] Lee H, Kim J. Facilitating effects of emotion on the perception of biological motion: evidence for a happiness superiority effect. Perception, 2016, **46**(6): 679-697

[147] Johnson K L, Mckay L S, Pollick F E. He throws like a girl (but only when he's sad): emotion affects sex-decoding of biological motion displays. Cognition, 2011, **119**(2): 265-280

[148] Spencer J M, Sekuler A B, Bennett P J, *et al*. Effects of aging on identifying emotions conveyed by point-light walkers. Psychol Aging, 2016, **31**(1): 126-138

[149] Lee H, Kim J. The role of trait anxiety and emotional information in the perception of biological motion. Korean J Cogn Biol Psychol, 2018, **30**(1): 15-33

[150] Murphy N A, Isaacowitz D M. Age effects and gaze patterns in recognising emotional expressions: an in-depth look at gaze measures and covariates. Cogn Emot, 2010, **24**(3): 436-452

[151] Hubert B, Wicker B, Moore D G, *et al*. Brief report: recognition of emotional and non-emotional biological motion in individuals with autistic spectrum disorders. J Autism Dev Disord, 2007, **37**(7): 1386-1392

[152] Wang L, Wang Y, Xu Q, *et al*. Heritability of reflexive social attention triggered by eye gaze and walking direction: common and unique genetic underpinnings. Psychol Med, 2020, **50**(3): 475-483

[153] Ji H, Wang L, Jiang Y. Cross-category adaptation of reflexive social attention. J Exp Psychol Gen, 2020, **149**(11): 2145-2153

[154] Brothers L. The social brain: a project for integrating primate behaviour and neurophysiology in a new domain. Concepts Neurosci, 1990, **1**: 27-51

Modulation of Gaze Cueing by Social Information Contained in Faces and Its Neural Mechanisms*

YUAN Tian[1,2,3)], JI Hao-Yue[1,2,3)], YU Yi-Wen[1,2,3)], WANG Li[1,2,3)**], JIANG Yi[1,2,3,4)]

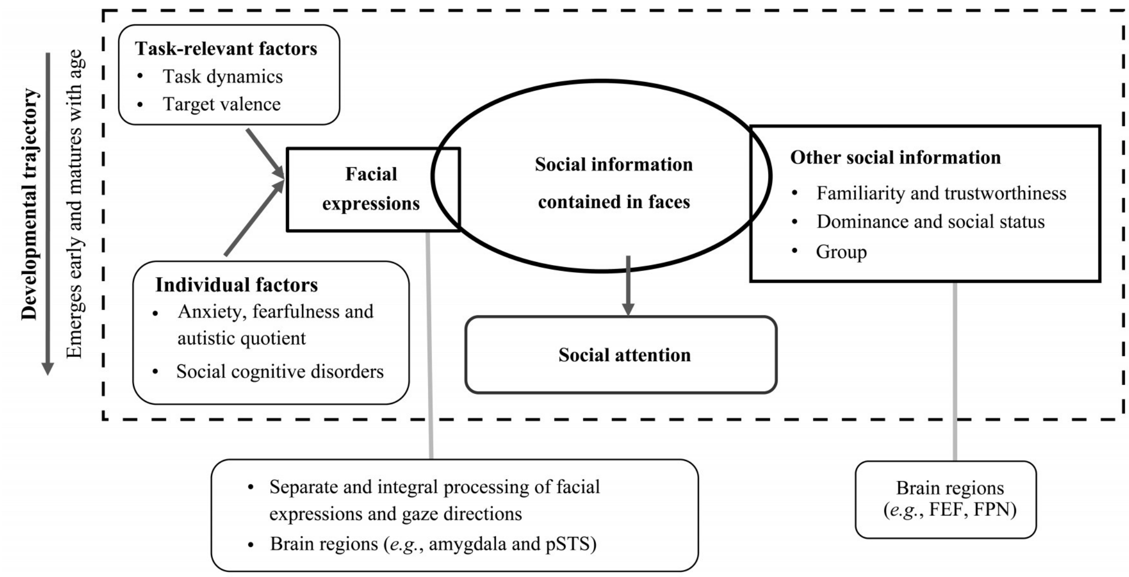
([1)]*State Key Laboratory of Brain and Cognitive Science, CAS Center for Excellence in Brain Science and Intelligence Technology, Institute of Psychology, Chinese Academy of Sciences, Beijing* 100101, China;

[2)]*Department of Psychology, University of Chinese Academy of Sciences, Beijing* 100049, China;

[3)]*Chinese Institute for Brain Research, Beijing* 102206, China;

[4)]*Institute of Artificial Intelligence, Hefei Comprehensive National Science Center, Hefei* 230088, China)

Graphic Abstract



Abstract Eye gaze, as a type of unique nonverbal social cues, can trigger a reflexive attentional orienting effect that is crucial for human adaptive social behaviors. Adopting the central cueing paradigm and its variants, recent studies have been increasingly focused on the modulation of social information conveyed by faces, especially facial expressions, on this attentional effect. Specifically, facial expressions communicate other individuals' internal affective states. When combined with gaze direction, they could reliably indicate others' affective evaluation regarding the nature of the relevant object of interest and therefore modulate the gaze-triggered attentional effect. Such emotional modulation varies for different types of emotions and is more salient for fear

---

* This work was supported by grants from Ministry of Science and Technology of the People's Republic of China (2021ZD0203800), The National Natural Science Foundation of China (31671137, 31830037), the Strategic Priority Research Program (XDB32010300), the Key Research Program of Frontier Sciences (QYZDB-SSW-SMC030), Shenzhen-Hong Kong Institute of Brain Science, and the Fundamental Research Funds for the Central Universities.

** Corresponding author.

Tel：86-10-64871238，E-mail：wangli@psych.ac.cn

Received：June 7，2021 Accepted：August 26，2021

and anger. Additionally, it would be further influenced by task-relevant (*i.e.*, task dynamics, target valence) and individual factors (*i. e.*, anxiety, fearfulness, autistic quotient, and social cognitive disorders). This modulation effect emerges from infancy and matures with age. It occurred rapidly and is associated with the two different attentional components (*i. e.*, the early orienting and the later disengagement). Both the separate and integral neural processing of facial expressions and gaze directions, involving the brain regions of the amygdala and the posterior superior temporal sulcus, were implicated in this modulation. Apart from facial expressions, other types of social information contained in faces (*e. g.*, trustworthiness, familiarity, facial dominance, social status, and groups) could also modulate the gaze-triggered orienting, which potentially engages the frontal eye field and the frontoparietal attention network. A systematic review of the behavioral evidence of the modulation and its neural mechanisms has significant theoretical and clinical implications. On the one hand, it will deepen our understandings of the relationship between face processing and gaze-triggered orienting. On the other hand, it may also contribute to the diagnosis and intervention of social cognitive disorders.

Key words eye gaze, gaze cueing, facial expression, social information, neural mechanism

DOI：10.16476/j.pibb.2021.0160