

婴儿面孔和注视方向加工的认知神经机制*

郭桐阳^{1,2} 莫李澄² 张丹丹^{1,2}

(¹ 西南财经大学中国行为经济与行为金融研究中心, 成都 611130)

(² 四川师范大学脑与心理科学研究院, 成都 610066)

摘要 面孔和注视方向是人际交往中重要的社会线索。探讨婴儿特别是新生儿对面孔和注视方向的加工, 有助于深入理解人类社交能力的起源及发展过程。回顾前人研究我们发现: 0~28 日龄的新生儿普遍表现出对人类面孔和直视的偏好, 3 月龄的婴儿开始表现出对他人目光的注视追随能力。脑观测研究发现 3 月龄以上的婴儿对面孔和注视加工具有与成人类似的脑神经表现。未来研究可以采用多种脑观测(特别是新型脑磁图)技术进一步考察新生儿的面孔偏好、直视偏好以及婴儿的注视追随现象, 揭示婴儿对人类面孔和眼睛注视加工先天优势的神经基础及其受后天经验影响的认知机制。

关键词 面孔, 注视方向, 新生儿, 婴儿, 社会交往

分类号 B844

1 引言

作为高度社会化的物种, 人类对各种社会线索高度敏感。面孔、眼睛注视、情绪(张丹丹等, 2023)、生物运动和语言(李思瑾等, 2023; 于文汶等, 2022)都是重要的社交线索。其中面孔和眼睛注视是人类出生后接触到的最早且最多的视觉信息(Johnson et al., 2015; Senju & Johnson, 2009)。大量研究发现, 成人对面孔表现出明显的注意偏好, 包括梭状回面孔区(fusiform face area, FFA)、枕部面孔区(occipital face area, OFA)在内的多个脑区对面孔的反应相比于物体更强(Hoehl & Peykarjou, 2012; Kamps et al., 2020; Kosakowski et al., 2022)。实际上, 人类刚出生时就可以对面孔进行加工, 出生后不到一小时的新生儿能观察并跟随移动的面孔状图案缓慢地转动他们的头部和眼睛(Johnson et al., 1991)。除了面孔, 眼睛注视对我们来说也是一种重要的社交线索, 成人对那些“看向我”的注视非常敏感, 并且他人注视方向的变化能自动引导成人的空间注意发生转移(Ristic & Kingstone,

2005; Bayliss & Tipper, 2006; Hermens & Walker, 2010)。注视涉及到社会性注意和交流, 是人际互动的基础。研究发现, 人类早在新生儿时期(即 0~28 日龄的婴儿)就已经对那些眼睛直视他们的面孔表现出更多地关注(Batki et al., 2000)。进一步的, 婴儿(满周岁之前的孩子)还展现出了明显的追随他人注视方向的能力(Farroni et al., 2003)。考察婴儿(特别是新生儿)对面孔及注视方向加工的认知神经机制, 不仅能为人类面孔加工脑区的起源问题提供答案(这些皮层区域由基因决定/与生俱来, 还是基于大量视觉经验逐步建立的?), 而且可以帮助我们更好地理解婴儿是何时以及如何参与社会互动的。鉴于面孔和注视加工对婴儿社会互动的特异性和重要性, 本文主要介绍婴儿特别是新生儿的面孔偏好、直视偏好、注视追随研究发现, 重点梳理了相关的认知神经机制和理论, 希望在促进发展性社会认知知识积累的同时, 对婴儿面孔和注视方向加工理论的发展做出建设性展望。

2 婴儿的面孔加工

新生儿对人类面孔的注意偏好在很早之前就被报道过。Johnson 等人(1991)给新生儿呈现具有基本面部元素(眼睛、鼻子、嘴和眉毛)的面孔、面部元素不规则分布的面孔以及仅有面部轮廓没有

收稿日期: 2024-02-14

* 国家自然科学基金(32271102)和国家社会科学重大项目(20&ZD153)资助。

通信作者: 张丹丹, E-mail: zhangdd05@gmail.com

面部元素的图案,并缓慢地左右移动这些图片。结果发现,面孔条件下,新生儿的眼睛和头跟随图片转动的幅度显著大于不规则面孔和空白面孔条件。后续研究通常采用“婴儿注意控制技术”,实验者先给婴儿或新生儿在屏幕中央呈现一个闪烁的“注视点”,一旦被试将目光锁定到“注视点”,“注视点”即消失并紧接着在屏幕两侧呈现配对的图片刺激。新生儿自由观看图片刺激直到他们的目光从显示器上移开若干秒。实验全程摄像,并由不知情人员事后分析视频录像,提取被试眼睛对两侧图片的定向次数或注视时间作为行为指标。Valenza 等人(1996)采用该方法发现,新生儿对具有面孔结构的抽象图案(在一个“灯泡型”的面部轮廓中放置三个点分别代表眼睛和嘴),表现出比倒置该图案更多的定向次数与更长的注视时间。后续多项研究采用相同的技术发现了类似的结果(Cassia et al., 2001; Farroni et al., 2005; Turati et al., 2002)。甚至在出生之前,研究者采用超声成像和子宫壁图像投射技术,发现孕龄 7~9 月的胎儿也能对三个点组成的简易面孔图案(上方两点/下方一点)有更多的头部朝向运动反应(相比于上方一点/下方两点)(Reid et al., 2017)。还有研究发现,新生儿不仅能识别简单的面孔结构图案,还能加工与面孔相关的复杂信息。例如, Farroni 等人(2005)发现,新生儿仅对符合自然光照条件(自上而下的光照)的面孔敏感,而对非自然光照条件下(自下而上的光照)的面孔未表现出加工偏好。

除了上述新生儿阶段的行为学发现,不少研究采用事件相关电位(event-related potential, ERP)考察了 3~6 月龄小婴儿的面孔加工。该阶段婴儿接触面孔的经验有限,在一定程度上仍能反映面孔加工的先天性特点,为揭示面孔偏好的起源提供重要线索。成人面孔加工的特异性 ERP 成分分为外侧枕区的 N170,该成分由面孔加工脑区梭状回产生,其波幅在面孔条件显著大于其他物体(例如房屋)条件(Tautvydaitė et al., 2022)。与 N170 相对应, N290 是婴儿面孔加工的特异性电生理标记(de Haan et al., 2003)。研究者给 3 月龄婴儿呈现面孔、物理特性匹配的噪音图片或物体图片(车辆),发现婴儿在观看面孔时表现出更大的 N290 波幅(Halit et al., 2004; Peykarjou & Hoehl, 2013)或更短的 N290 潜伏期(Halit et al., 2003)。Conte 等人(2020)在 4~6 月龄的婴儿中同样发现了 N290 对面

孔的波幅强于对玩具图片的波幅,且该成分的溯源结果为婴儿的梭状回,与成人的 N170 同源。Di Lorenzo 等人(2020)对婴儿在 5 月龄和 10 月龄时的面孔加工进行了纵向追踪研究,发现婴儿在 5 月龄和 10 月龄时均对面孔表现出更强的 N290 振幅反应。同时, P400 也被广泛认为反映了婴儿的面孔加工(de Haan et al., 2003),但与 N290 不同, P400 并不区分面孔与非面孔,而是对面孔的熟悉度、朝向等特性敏感(Balas et al., 2011)。例如, 6~9 月龄婴儿的 P400 仅在熟悉面孔条件下才对倒立面孔(与正立面孔相比)和正脸(与侧脸相比)的波幅更大(Balas et al., 2010; Scott et al., 2006)。由于 P400 出现较 N290 晚(前者在 5 月龄之后的婴儿中才能稳定地被观察到),因此,我们认为 P400 可能反映了婴儿在拥有一定社会经验后对面孔的精细加工,它后续可能演化为成人的 P300,不过此观点还需更多实证性研究的支持。此外,两项研究发现了婴儿面孔加工的右半球优势(或左视野优势),与成人的表现相同(Rossion et al., 2015)。de Heering 等人(2015)采用稳态视觉诱发电位范式,以 6 Hz 频率呈现刺激来考察 5 月龄婴儿对面孔的加工。结果发现在 P8 点位,婴儿对面孔(相比于与物体)的频率标记脑电功率明显反应更强。Adibpour 等人(2018)考察了 2 至 6 月龄婴儿对陌生与熟悉面孔(分别在屏幕左右配对呈现)的加工。结果发现婴儿的 N290/P400 振幅可以区分呈现在左视野的陌生与熟悉面孔,而对呈现在右视野的这两类面孔表现出相同的 ERP 反应。

成人研究已证明人类大脑的多个区域对面孔加工具有特异性,例如颞上沟(superior temporal sulcus, STS)、梭状回面孔选择区、枕部面孔区等(Kamps et al., 2020; Kosakowski et al., 2022)。三项婴儿研究发现,婴儿在观看面孔时,表现出与成人相似的大脑反应。Deen 等人(2017)利用功能磁共振(functional magnetic resonance imaging, fMRI)考察了平均月龄 5 个月的婴儿在观看面孔时的大脑反应,结果发现与观看自然场景相比,婴儿在观看面孔时其梭状回、枕侧皮质、颞上沟和内侧前额叶皮层激活更强。Kosakowski 等人(2022)的研究采用定制的婴儿 fMRI 线圈进一步发现, 5 月龄婴儿具有与成人功能及位置类似的梭状回面孔区。此外,一项探索性静息态 fMRI 研究发现,新生儿面孔加工网络内部的功能连接强于外部,且

该网络与中央凹初级视觉皮层的连接更强(相比于外周初级视觉皮层),这与成人的视通路特征一致(Kamps et al., 2020)。两项功能近红外光谱成像(functional near-infrared spectroscopy, fNIRS)研究发现了婴儿面孔加工的大脑右半球优势,相比倒置的面孔和内部元素排列混乱的面孔,5至8月龄的婴儿在观看直立面孔时表现出明显的右半球激活增强(Honda et al., 2010; Otsuka et al., 2007)。

综上所述,不少研究均发现了婴儿特别是新生儿的的面孔偏好现象,3~6月龄小婴儿的脑观测研究表明,婴儿的大脑已具备与成人相似的面孔加工特异性,但现阶段来自新生儿时期的脑观测研究仍较为缺乏。

3 婴儿的注视方向加工

大多数人都会有这种体验,我们对那些看向自己的目光非常敏感,这就是“直视偏好”,它可以帮助我们在社交过程中高效地提取并分析他人的认知和情绪状态并做出恰当的反应。多项研究在新生儿阶段同样观察到了这种现象。Batki等人(2000)通过中央视野单独呈现图片,发现新生儿观看睁眼面孔图片的时间显著长于观看闭眼面孔,这表明新生儿就已经对他人的眼睛非常敏感。Farroni等人(2002)系统地研究了新生儿的直视偏好,他们采用婴儿注意控制技术,在屏幕左右两侧配对呈现眼睛直视或斜视的面孔,结果发现,新生儿对眼睛直视面孔的注视时间更长(相比于眼睛斜视面孔)。该结果后续被Di Giorgio等人(2016)以相同范式重复验证。Farroni等人(2006)还发现当面孔倒置或面孔朝向左右某一侧时,新生儿不再对直视表现出更长的注视时间。此外,直视的眼睛还有利于新生儿辨别陌生与熟悉的面孔:相比眼睛斜视或眼睛向上或向下看的面孔,新生儿仅对眼睛直视的面孔表现出熟悉效应(面孔再认时,对熟悉面孔相比新面孔有更长的注视时间)(Guellai & Stereri, 2011; Guellai et al., 2020)。另有一项研究发现注视方向影响了新生儿辨别面孔情绪,Rigato等人(2011)采用婴儿注意控制技术,呈现直视与斜视情况下的中性与快乐面孔。结果发现仅在两面孔直视情况下,新生儿对快乐面孔注视时间长于中性面孔。这些研究说明,人类刚出生不久就对眼睛的注视方向这一重要的社会线索表现出相当程度的敏感性,新生儿对直视的眼

睛表现出注意偏好。

除了对那些“看向我”的目光敏感外,当他人的注视方向发生改变时,我们会情不自禁地跟随他人的注视方向转移自己的注意,这就是注视追随现象,它是由他人注视线索携带的社会信息导致的自动化的空间注意转移(Dalmaso et al., 2020)。注视追随的婴儿研究通常采用“注视线索-目标”任务,实验时在屏幕上依次呈现注视线索(他人正面面孔,眼睛斜视左侧或右侧)与目标刺激(圆点或玩具),当目标出现在注视方向时称为一致条件,反之为不一致条件,通过比较两种条件下被试对目标刺激的扫视速度和准确率来考察注视追随。新生儿具有注视追随能力吗?至今仅一项研究给出了肯定的答案:Farroni等人(2004)采用注视线索-目标任务发现,新生儿对出现在注视一致方向的目标具有更频繁的扫视次数和更快的扫视速度。除该项研究外,大部分学者认为3月龄以上的婴儿才具有注视追随能力。例如,Hood等人(1998)给3月龄婴儿呈现一系列动态的注视线索(直视/闭眼/斜视)与目标刺激,结果发现,一致条件下,婴儿对目标的扫视更快、准确率更高。Senju等人(2008)给6月龄婴儿呈现真实互动中的注视转移,结果发现,当模特由直视转向目标时(与婴儿有眼神交流),婴儿对一致情况下目标的扫视准确率显著高于模特由低头转向目标条件(与婴儿没有眼神交流)。随后相继有研究在4~12月龄婴儿上采用注视线索-目标任务观察到了类似的注视追随效应(Farroni et al., 2003; Ishikawa et al., 2019; Senju & Csibra, 2008)。进一步的,Gredebäck等人(2010)采用横断面观测考察了5、6、9、12月龄的婴儿注视追随的发展变化,研究同样采用真实互动中的注视转移情境:桌子左右各摆放一个玩具,模特坐在桌后,先是无表情地正视前方,再伴以微笑地随机看向其中一个玩具。结果发现,5月龄婴儿的首次目光转移是随机的,多次实验后他们才表现出注视追随现象,而6、9、12月龄婴儿则一开始就表现出稳定的注视追随。因此,Gredebäck等人(2010)认为,6月龄是婴儿注视追随能力发展的关键时间窗。

不少研究考察了婴儿注视方向加工的ERP反应。Farroni等人(2002)采用婴儿注视控制技术发现,直视面孔相比斜视面孔在4月龄婴儿诱发了

更强的 N290 振幅。随后, 该团队进一步发现即使面孔朝向左右某一侧, 4 月龄婴儿仍然对直视他们的面孔更敏感, 直视面孔诱发更强的 N290 振幅 (Farroni et al., 2004)。Grossmann 等人(2008)给 4 月龄婴儿呈现动态注视线索(斜视/直视/微笑), 发现直视诱发了与微笑相似的脑电活动: 在双侧后颞叶和左侧额叶观察到明显的脑电功率上升。这些区域与成人对注视和微笑的反应区域相类似。在注视追随的 ERP 研究中, 研究者更关心线索呈现后、目标诱发的脑电反应, 该类研究采用“注视线索-目标”任务的变式。在该变式中, 线索和目标同时呈现短暂时间并消失, 随后目标将再次出现在屏幕中央, 研究者对第二次出现的目标诱发的 ERP 进行分析。Reid 等人(2004)采用上述方法发现, 在 4 月龄婴儿中, 与不一致目标相比, 一致情况下目标诱发了更弱的正慢波(positive slow wave, PSW)振幅, 该成分反映了对刺激的熟悉程度, 熟悉刺激相比新异刺激诱发更弱的 PSW 振幅。Wahl 等人(2013)则采用不同朝向的面孔作为线索, 结果发现在 4 月龄婴儿中, 面孔朝向的物体相比面孔远离的物体诱发了更弱的脑电中央区负成分(negative central component, Nc), 该成分与注意相关, 说明婴儿对面孔朝向物体的第二次注意更弱。Hoehl 等人(2014)以相同范式验证了上述两项研究的结果。这几项研究均表明婴儿对注视线索一致条件下的目标更为关注, 因此当该目标再次出现时, 婴儿对该目标的反应减弱。此外, 两项 fNIRS 研究发现 5 月龄婴儿执行“注视线索-目标”任务时, 左背外侧前额叶表现出明显的激活(Grossmann & Johnson, 2010; Grossmann et al., 2013), 这与成人研究结果一致(Schilbach et al., 2010)。类似的, 最近一项研究发现 7~12 月龄婴儿表现出右背外侧前额叶的激活(Naoi et al., 2022), 这可能反映婴儿对注视加工发展的一个阶段——由外源性加工转为内源性加工。

综上所述, 已有研究发现新生儿即具有直视偏好, 3~6 月龄的婴儿开始表现出注视追随现象, 6 月龄之后可以观察到稳定的注视追随能力。3~6 月龄婴儿对直斜视的 ERP 反应与成人类似, 并且注视方向能明显增强婴儿对目标的加工。这些发现说明, 人类出生的第一年已经具备了一定程度的注视方向加工能力。

4 婴儿对面孔和注视方向加工的认知神经理论

新生儿为何具有面孔偏好呢? Johnson 课题组认为, 面孔是具有生存和社交价值的、不同于其他视觉刺激物的特殊对象, 他们提出了面孔双加工模型(The two-process theory of face processing) (Johnson et al., 1991; Johnson, 2005; Johnson et al., 2015)以解释婴儿和新生儿的面孔偏好现象, 该模型强调面孔是社交活动中特异性的视觉刺激。面孔双加工模型包含 CONSPEC 和 CONLERN 两种加工机制。CONSPEC 机制由上丘、枕核、杏仁核等皮层下脑区组成, 天生便能识别人类面孔结构等信息, 它将个体的注意导向具有面孔结构的视觉刺激。另一机制 CONLERN 则是后天通过学习和经验积累发展形成的皮层回路, 由颞上沟、梭状回等脑区组成, 它主要负责面孔复杂特征的精细加工。

根据该模型, 皮层下的 CONSPEC 机制使新生儿先天就具备完整的面孔检测能力, 这也是新生儿产生面孔偏好的主要原因。支持该理论的主要证据来自新生儿和成人对面孔偏好的颞鼻侧不对称性研究。以上丘-枕核为核心的皮层下视觉通路更多地接受来自颞侧视野而非鼻侧视野的投射; 相反, 皮层视觉通路没有这种颞-鼻侧投射的不对称性(Sylvester et al., 2007)。三项研究分别在新生儿和成人中发现了对面孔偏好的鼻颞侧不对称性(Simion et al., 1998; Tomalski et al., 2009; Tomalski & Johnson, 2012), 个体仅对呈现在颞侧而非鼻侧的面孔类图案表现出注意定向优势。同时, 呈现在颞侧视野的面孔图片缩短了成人 N170 的反应潜伏期, 鼻侧视野的面孔图片则没有该效应(Tomalski & Johnson, 2012)。上述研究说明皮层下通路对面孔的偏好反应有重要作用。但由于皮层下活动难以通过脑成像技术直接观测, 皮层下 CONSPEC 机制仍缺乏直接的脑神经科学证据。

虽然 Johnson 团队的面孔双加工模型是该领域最具影响力的理论之一, 也有学者认为面孔是社交非特异性的视觉线索, 新生儿面孔偏好的本质是对某些非特殊性视觉结构的偏好, 其中“头重脚轻”(上部元素多于下部元素)和“内外适应”(内部元素排列构成的几何形状与外部轮廓的几何形状相匹配, 例如都是倒三角形)是两种引起面

孔注意偏好的最重要的结构特征。例如, Turati 等人(2002)在研究中同时设置了上部元素较多(头重脚轻)和下部元素较多(头轻脚重)的面孔与非面孔图案,发现新生儿对头重脚轻的图案有更长的注视时间,即使该图案的元素没有按照面孔结构排列。后续研究发现了相同的结果(Simion et al., 2002; Cassia et al., 2004)。“内外适应”结构偏好则由 Cassia 等人(2008)发现,他们给新生儿呈现内部元素(三个点)和外部轮廓(等边三角形)排列一致或不一致的图案,发现新生儿对“内外适应”图案的注视时间更长,不管是正三角还是倒三角图案。不过我们认为 Cassia 等人(2008)的视觉刺激仅高度抽象了“瓜子脸”的结构特征,对“国字脸”则不适用,因此实验结果的可推广性较低。尽管如此,上述研究者认为,由于人类面孔具有头重脚轻或内外适应的视觉特征,导致新生儿在刚出生时表现出了所谓的“面孔偏好”,在此基础上婴幼儿需要通过后天的经验学习才能逐步在大脑中形成面孔的特异化加工脑区(Scott & Arcaro., 2023)。

不难发现,“非特异性”理论与 Johnson 的面孔双加工理论都认为新生儿天生就对某种视觉刺激具有偏好,其核心区别在于是否承认面孔是一种特殊的刺激。“非特异性”理论剥离出面孔的各种物理属性,发现新生儿偏好这些“物理属性”。然而在面孔的“对比度极性”这一物理属性上,“非特异性”理论缺乏相应解释。具体的, Farroni 等人(2005)发现,新生儿只偏好白底轮廓+黑色三点的面孔样图案,而非黑底轮廓+白色三点的面孔样图案;在观看真实面孔时,他们仅对符合自然光照条件的面孔敏感(自上往下打光,这时眼睛和嘴三个区域较黑),而对非自然光照条件下的面孔未表现出偏好(自下往上打光,眼睛和嘴较亮)。Farroni 等人(2005)认为,既然对比度极性会影响新生儿的面孔偏好,则可以推论面孔对新生儿来说是一个有别于其他视觉刺激的特殊刺激。

近期, Buiatti 等人(2019)首次使用稳态视觉诱发脑电技术考察新生儿的面孔偏好,发现正立面孔比倒置面孔和“头重脚轻”的非面孔图案诱发了更强的稳态视觉诱发电位(通过 0.8 Hz 闪烁的图片诱发出 0.8 Hz 脑电振荡能量),该结果支持了 Johnson 团队的面孔特异性的观点。但该研究仅考察了“头重脚轻”条件,“内外适应”以及对比度极

性的影响尚不清楚。此外脑电技术很难考察大脑皮层下的神经活动,因此该研究同样无法提供面孔双加工模型皮层下机制的直接证据。同时, Buiatti 等人(2019)对脑电数据进行溯源分析发现,新生儿的枕叶、梭状回、颞上沟、额上回等皮层区域对其面孔偏好均有贡献,且该面孔加工脑网络还表现出了与成人研究发现一致的右偏侧化。这提示 Johnson 的面孔双加工模型可能不够准确,皮层上机制可能与皮层下机制一样,在出生时就存在了。

婴儿对注视方向加工的认知神经机制又是什么呢?目前最著名的还是 Johnson 课题组的理论。该课题组在稍早期认为,注视方向同面孔一样,也是具有社交性质的、特异性的视觉刺激,注视方向加工是面孔加工的一个组成部分,而不是一个独立的认知功能(Farroni et al., 2002; 2006)。具体而言,面孔双加工模型中的 CONSPEC 机制涵盖了对标准眼睛(直视前方的眼睛)的检测,这被认为是导致新生儿直视偏好的主要原因。随后其他研究团队在婴儿和成人研究中发现了注视方向对面孔加工的调节作用(Bayliss et al., 2013; Hood et al., 2010),并且单独呈现的眼睛(没有面孔)和注视方向同样能影响被试的认知与行为(Michel et al., 2017)。因此, Johnson 课题组修订了他们的观点,认为个体对眼睛注视的加工是独立于面孔加工的认知功能,前者的认知神经机制可以用快速通道调节器模型(the fast-track modulator)加以解释(Senju & Johnson, 2009; Johnson et al., 2015)。该模型认为大脑对注视方向信息的加工同样有两条通路:一条是皮层上的慢速加工通路,由颞上沟、梭状回等区域组成;另一条是皮层下快速信息加工通道,由上丘、杏仁核等区域组成。皮层下快速通道在出生时就具备完整功能,因此可以支持新生儿快速识别视觉线索中的标准眼睛(直视前方的眼睛),同时皮层下快速通道在婴儿发展过程中激活更广泛的皮层通道,逐渐让个体能处理更复杂的眼睛和注视方向信息。可以看出, Johnson 课题组针对面孔加工(双加工模型)和注视方向加工(快速通道调节器模型)的两个模型其实大同小异,均为大脑双通道信息处理模式,且两个通道涵盖的脑区也高度重叠。两个模型强调的是大脑对这两类社会线索的加工既是并行的又是相对独立的。

快速通道调节器模型强调上丘-枕核的皮层下通路对眼睛注视的快速检测与加工, 该理论的主要支持证据为成人对眼睛注视的无意识加工。研究发现直视面孔相比斜视面孔会更快地突破抑制到达意识(Stein et al., 2011), 人们对不可见的(掩蔽的)直视面孔相比斜视面孔存在注意的偏好(Rothkirch et al., 2015), 并且不可见的眼睛注视方向仍然加快了个体对一致情况下目标的反应速度(陈艾睿 等, 2014)。Stein 等人(2011)认为, 上丘-枕核的皮层下通路为个体对注视方向的无意识加工提供了神经基础。然而, 来自 fMRI 的研究发现, 无意识的面孔加工也会激活多个皮层结构, 例如梭状回、颞上沟等(Jiang & He, 2006; Troiani et al., 2014), 因此无意识下的注视方向加工是否仅反映了皮层下结构的的活动仍存在疑问。此外, 无意识范式同样仅能作为快速通道调节器模型的间接证据, 目前仍缺乏直接的脑神经科学证据。

除了 Johnson 团队的快速通道调节器模型, 针对父母视障婴儿的研究还强调了后天经验对婴儿直视偏好与注视追随的重要影响。例如, Senju 等人(2015)对比考察了父母是盲人但自身视力正常的 8 月龄婴儿(sighted infants of blind parents, SIBP)和对照组(父母视力正常的婴儿)在面部扫描任务和注视线索-目标任务中的表现, 发现 SIBP 对眼睛的注视时间以及对注视线索所指目标的注视时间均短于对照组, 这表明 SIBP 在社交中存在眼睛检测以及注视追随两方面的缺陷。进一步的, 该课题组采用脑电技术还发现(Vernetti et al., 2018), 尽管对照组婴儿对直视比对斜视眼睛表现出了注视时间和 N290/P400 幅度的优势, 但 SIBP 的行为和脑电指标均无法区分直视和斜视两种条件。上述两项研究表明后天经验对婴儿直视偏好和注视追随能力的表现可能具有重要影响。但这两项研究的被试数量较少(样本量为 14 名 SIBP), 且婴儿参加实验时年龄较大(年龄均为平均 8 个月), 结果无法排除婴儿先天对眼睛不敏感的解释, 后续还需要更多的证据以揭示后天经验对注视方向加工的影响, 从而修订或完善 Johnson 的快速通道调节器模型。

综上, 我们认为先天的基因基础和后天的视觉经验共同影响了婴儿的面孔和注视方向加工。新生儿在视觉处理过程中先天即具有某种类型的

偏见, 促使其注意力指向面孔、眼睛以及结构类似的刺激。后天的视觉经验使婴儿能处理更为复杂的面孔和注视方向信息, 并逐渐发展为成人研究中所观察到对这两类线索的自动化加工。

5 总结和研究展望

总之, 上述婴儿面孔和注视方向的现有研究发现表明: 1) 新生儿存在面孔偏好。相对其他种类的图片, 他们更关注具有面孔结构的图片; 2) 新生儿存在直视偏好。相比斜视的眼睛, 他们更关注直视的眼睛; 3) 婴儿存在注视追随。他们对注视指向的目标有更多地关注, 但这种能力需要婴儿与他人提前有过直视的目光接触才能很好的展现。此外, 完全缺乏与父母眼神交流经验的婴儿缺乏这种能力; 4) 婴儿对面孔和注视加工的神经反应和脑网络与成人相似。目前研究的主要焦点在于澄清面孔与眼睛注视对新生儿而言是否是一种特殊的刺激。基于文献综述, 我们发现现有研究更支持 Johnson 团队的面孔双加工模型, 但当前仍缺乏足够的排他性证据和相应的神经成像证据。此外值得一提的是, 通过文献综述我们发现, 英国的发展生理和心理学家 Johnson 教授(伦敦大学)及其合作者 Farroni 教授(意大利帕多瓦大学)在婴儿的面孔和注视方向加工领域卓有建树, 是领域内需要重点关注的研究团队。最后, 基于已有研究尚存在的不足, 我们认为在婴儿面孔与注视方向加工领域, 有以下问题值得进一步探索和回答。

第一, 新生儿面孔偏好的认知神经理论还需进一步澄清。尽管新生儿的面孔偏好现象已被普遍观察到, 但针对面孔特异性之争的两种理论均缺乏直接且可靠的证据以辨析其真伪。特异性理论认为人类面孔是具有社交意义的特殊视觉刺激; 非特异性理论则认为新生儿的面孔偏好本质是他们对具有一定排列规则的几何图形的非特异性注意增强。Reid 等人(2017)发现胎龄 8 个月的胎儿对具有面孔结构的图案表现出更多的朝向反应, 这是现阶段研究提供的人类最早期的面孔偏好证据。但该实验无法区分特异与非特异两种理论, 因为其材料混杂了面孔结构信息与“头重脚轻”信息。Buiatti 等人(2019)的实验是目前唯一一项通过脑电观测新生儿面孔加工的研究。虽然该研究发

现正立相比倒置面孔和“头重脚轻”的非面孔图案诱发了更强的脑电反应,初步支持面孔的特异性理论,但作者没有观察到注视时长等行为指标在条件间的差别。此外,脑电技术很难揭示面孔双加工理论预测的皮层下通路的神活动。另外,目前来自新生儿的脑成像研究非常少,未来的研究应更多采用脑成像技术(fMRI、fNIRS)探讨新生儿的面孔加工机制,更全面地反映新生儿观察面孔时的神经活动,并借鉴Turati等人(2002)的实验设计,分离出面孔与非面孔、图案的重心在上部或下部等多种条件,为现有的两种理论观点提供排他性的行为-脑科学证据。

第二,新生儿直视偏好的认知神经机制尚不清楚。Farroni等人(2002)认为新生儿偏好直视是因为眼睛直视的面孔更符合标准面孔结构,因此新生儿仅是偏好标准面孔(标准面孔假设)。本文述及的新生儿直视偏好的研究,都选择了完整面孔作为实验材料,尚未发现仅呈现眼睛作为刺激材料的新生儿研究,这导致研究结果无法排除标准面孔假设,因此无法得知新生儿是否真正具备区分直视与斜视的能力。考察这一问题具有重要意义,因为它能揭示眼睛注视与面孔之间到底是串行或并行加工的关系,即眼睛注视是否需要一套独立的脑神经加工系统,还是仅作为面孔加工的一个模块。未来研究可以参考Farroni等人(2005)的实验设计,分离面孔朝向与眼睛注视方向这两个变量或仅单独呈现眼睛图片。此外,目前尚未发现有研究采用脑成像技术考察新生儿直视偏好,未来研究可以借助fMRI、fNIRS等技术考察新生儿加工面孔与加工眼睛注视是否具有不同的神经基础,为新生儿注视加工的神经机制提供证据。

第三,眼睛注视信息对婴儿来讲是否具有特殊含义?目前尚不明确。大量儿童和成人研究表明,非社会性线索(例如箭头)同样能引起个体对目标的优势性加工(与线索-目标不一致条件相比)(Chacón-Candia et al., 2023)。目前仅有一项研究在婴儿阶段考察了非社会线索对后续目标加工的影响(Michel et al., 2019),但该研究采用的线索较为抽象,缺乏生态效度。未来研究可以通过比较新生儿对真实的眼睛注视或箭头线索的加工,以澄清眼睛注视对于缺乏后天学习经验的新生儿是否为特殊的注意定向线索。观察不同情境下新生儿和婴儿的社交反应差异,对未来发展具有重要意义

义(张野等, 2020)。此外,Michel等人(2019)虽然发现了婴儿对注视线索和非社会线索加工具有差异,其背后各自的认知神经机制是什么,是否与成人机制相似,仍不得而知。未来研究可借助fMRI、fNIRS等脑成像技术揭示婴儿对眼睛注视与非社会线索加工的神经基础及其差异。

最后,我们认为上述问题的解决还需依赖新兴的脑成像技术。针对婴儿面孔偏好和注视方向加工,Johnson提出的CONSPEC机制以及快速通道调节器模型都依赖于皮层下的视觉通路。然而目前的fMRI、fNIRS、EEG/ERP等脑观测技术,要么难以探测皮层下的脑反应,要么对清醒婴儿的视觉实验存在安全隐患。可能对这个领域的研究而言,脑磁图(magnetoencephalography, MEG)是非常合适的技术,因为多通道高密度的MEG可以解析到皮层下非常细小的核团的神经反应(例如Maratos et al., 2009)。值得关注的是,近年新兴的光泵磁强计MEG克服了传统超导MEG要求头围固定(一般仅适配成人头围)、不能有头动等限制,非常适合婴儿甚至新生儿的皮层下脑活动观测。我们希望在新技术的加持下,科研人员可以在已有知识积累的基础上,构建准确、有实证支持的婴儿面孔和注视方向加工的认知神经模型和理论。

参考文献

- 陈艾睿,董波,方颖,于长宇,张明.(2014).线索类型对阈下注视线索效应的影响. *心理学报*, 46(9), 1281-1288
- 李思瑾,王庭栋,彭芝琳,张丹丹.(2023).新生儿对语音的感知、辨别和学习. *心理科学进展*, 31(12), 2295-2305.
- 于文汶,陈淑美,沈钧石,张丹丹.(2022).婴儿对语音和非语音的感知:认知和神经机制. *心理学探新*, 42(3), 201-209.
- 张丹丹,李宜伟,于文汶,莫李澄,彭程,刘黎黎.(2023).0~1岁婴儿情绪偏向的发展:近红外成像研究. *心理学报*, 55(6), 920-929.
- 张野,张珊珊,冯春莹.(2020).不同程度的社会排斥情境对儿童程序公平感的影响. *贵州师范大学学报:自然科学版*, 38(4), 94-100
- Adibpour, P., Dubois, J., & Dehaene-Lambertz, G. (2018). Right but not left hemispheric discrimination of faces in infancy. *Nature Human Behaviour*, 2(1), 67-79.
- Balas, B. J., Nelson, C. A., Westerlund, A., Vogel-Farley, V., Riggins, T., & Kuefner, D. (2010). Personal familiarity influences the processing of upright and inverted faces in infants. *Frontiers in Human Neuroscience*, 4, 846.
- Balas, B., Westerlund, A., Hung, K., & Nelson Iii, C. A. (2011). Shape, color and the other-race effect in the infant

- brain. *Developmental Science*, 14(4), 892–900.
- Batki, A., Baron-Cohen, S., Wheelwright, S., Connellan, J., & Ahluwalia, J. (2000). Is there an innate gaze module? Evidence from human neonates. *Infant Behavior and Development*, 23(2), 223–229.
- Bayliss, A. P., Murphy, E., Naughtin, C. K., Kritikos, A., Schilbach, L., & Becker, S. I. (2013). "Gaze leading": Initiating simulated joint attention influences eye movements and choice behavior. *Journal of Experimental Psychology: General*, 142(1), 76–92.
- Bayliss, A.P., & Tipper, S. P. (2006). Gaze cues evoke both spatial and object-centered shifts of attention. *Perception & Psychophysics*, 68(2), 310–318.
- Buiatti, M., Di Giorgio, E., Piazza, M., Polloni, C., Menna, G., Taddei, F., ... Vallortigara, G. (2019). Cortical route for facelike pattern processing in human newborns. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 116(10), 4625–4630.
- Cassia, V. M., Simion, F., & Carlo Umiltà. (2001). Face preference at birth: The role of an orienting mechanism. *Developmental Science*, 4(1), 101–108.
- Cassia, V. M., Turati, C., & Simion, F. (2004). Can a nonspecific bias toward top-heavy patterns explain newborns' face preference? *Psychological Science*, 15(6), 379–383.
- Cassia, V. M., Valenza, E., Simion, F., & Leo, I. (2008). Congruency as a nonspecific perceptual property contributing to newborns' face preference. *Child Development*, 79(4), 807–820.
- Chacón-Candia, J. A., Román-Caballero, R., Aranda-Martin, B., Casagrande, M., Lupiáñez, J., & Marotta, A. (2023). Are there quantitative differences between eye-gaze and arrow cues? A meta-analytic answer to the debate and a call for qualitative differences. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 144, 104993.
- Conte, S., Richards, J. E., Guy, M. W., Xie, W., & Roberts, J. E. (2020). Face-sensitive brain responses in the first year of life. *NeuroImage*, 211, 116602.
- Dalmaso, M., Castelli, L., & Galfano, G. (2020). Social modulators of gaze-mediated orienting of attention: A review. *Psychonomic Bulletin & Review*, 27(5), 833–855.
- de Haan, M., Johnson, M. H., & Halit, H. (2003). Development of face-sensitive event-related potentials during infancy: A review. *International Journal of Psychophysiology*, 51(1), 45–58.
- de Haan, M., Pascalis, O., & Johnson, M. H. (2002). Specialization of neural mechanisms underlying face recognition in human infants. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 14(2), 199–209.
- de Heering, A., & Rossion, B. (2015). Rapid categorization of natural face images in the infant right hemisphere. *eLife*, 4, e06564.
- Deen, B., Richardson, H., Dilks, D. D., Takahashi, A., Keil, B., Wald, L. L., ... Saxe, R. (2017). Organization of high-level visual cortex in human infants. *Nature Communications*, 8, 13995.
- Di Giorgio, E., Frasnelli, E., Rosa Salva, O., Scattoni, M. L., Puopolo, M., Tosoni, D., ... Vallortigara, G. (2016). Difference in visual social predispositions between newborns at low-and high-risk for autism. *Scientific Reports*, 6(1), 26395.
- Di Lorenzo, R., van den Boomen, C., Kemner, C., & Junge, C. (2020). Charting development of ERP components on face-categorization: Results from a large longitudinal sample of infants. *Developmental Cognitive Neuroscience*, 45, 100840.
- Farroni, T., Csibra, G., Simion, F., & Johnson, M. H. (2002). Eye contact detection in humans from birth. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 99(14), 9602–9605.
- Farroni, T., Johnson, M. H., & Csibra, G. (2004). Mechanisms of eye gaze perception during infancy. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 16(8), 1320–1326.
- Farroni, T., Johnson, M. H., Menon, E., Zulian, L., Faraguna, D., & Csibra, G. (2005). Newborns' preference for face-relevant stimuli: Effects of contrast polarity. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 102(47), 17245–17250.
- Farroni, T., Mansfield, E. M., Lai, C., & Johnson, M. H. (2003). Infants perceiving and acting on the eyes: Tests of an evolutionary hypothesis. *Journal of Experimental Child Psychology*, 85(3), 199–212.
- Farroni, T., Menon, E., & Johnson, M. H. (2006). Factors influencing newborns' preference for faces with eye contact. *Journal of Experimental Child Psychology*, 95(4), 298–308.
- Guellai, B., & Streri, A. (2011). Cues for early social skills: Direct gaze modulates newborns' recognition of talking faces. *PloS One*, 6(4), e18610.
- Guellai, B., Hausberger, M., Chopin, A., & Streri, A. (2020). Premises of social cognition: Newborns are sensitive to a direct versus a faraway gaze. *Scientific Reports*, 10(1), 9796.
- Gredebäck, G., Theuring, C., Hauf, P., & Kenward, B. (2010). The microstructure of infants' gaze as they view adult shifts in overt attention. *Infancy*, 13(5), 533–543.
- Grossmann, T., & Johnson, M. H. (2010). Selective prefrontal cortex responses to joint attention in early infancy. *Biology Letters*, 6(4), 540–543.
- Grossmann, T., Johnson, M. H., Lloyd-Fox, S., Blasi, A., Deligianni, F., Elwell, C., & Csibra, G. (2008). Early cortical specialization for face-to-face communication in human infants. *Proceeding Biological Sciences*, 275(1653), 2803–2811.
- Grossmann, T., Lloyd-Fox, S., & Johnson, M. H. (2013). Brain responses reveal young infants' sensitivity to when a social partner follows their gaze. *Developmental Cognitive Neuroscience*, 6, 155–161.
- Halit, H., Csibra, G., Volein, A., & Johnson, M. H. (2004). Face-sensitive cortical processing in early infancy. *Journal*

- of Child Psychology and Psychiatry, and Allied Disciplines, 45(7), 1228–1234.
- Halit, H., de Haan, M., & Johnson, M. H. (2003). Cortical specialisation for face processing: Face-sensitive event-related potential components in 3- and 12-month-old infants. *NeuroImage*, 19(3), 1180–1193.
- Hermens, F., & Walker, R. (2010). Gaze and arrow distractors influence saccade trajectories similarly. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 63(11), 2120–2140.
- Hoehl, S., & Peykarjou, S. (2012). The early development of face processing--What makes faces special? *Neuroscience Bulletin*, 28(6), 765–788.
- Hoehl, S., Wahl, S., & Pauen, S. (2014). Disentangling the effects of an adult model's eye gaze and head orientation on young infants' processing of a previously attended object. *Infancy*, 19(1), 53–64.
- Honda, Y., Nakato, E., Otsuka, Y., Kanazawa, S., Kojima, S., Yamaguchi, M. K., & Kakigi, R. (2010). How do infants perceive scrambled face? A near-infrared spectroscopic study. *Brain Research*, 1308, 137–146.
- Hood, B. M., Neilmacrae, C., Cole-Davies, V., & Dias, M. (2010). Eye remember you: The effects of gaze direction on face recognition in children and adults. *Developmental Science*, 6(1), 67–71.
- Hood, B. M., Willen, J. D., & Driver, J. (1998). Adult's eyes trigger shifts of visual attention in human infants. *Psychological Science*, 9(2), 131–134.
- Ishikawa, M., Yoshimura, M., Sato, H., & Itakura, S. (2019). Effects of attentional behaviours on infant visual preferences and object choice. *Cognitive Processing*, 20(3), 317–324.
- Jiang, Y., & He, S. (2006). Cortical responses to invisible faces: Dissociating subsystems for facial-information processing. *Current Biology*, 16(20), 2023–2029.
- Johnson, M. H. (1990). Cortical maturation and the development of visual attention in early infancy. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 2(2), 81–95.
- Johnson, M. H. (2005). Subcortical face processing. *Nature Reviews Neuroscience*, 6(10), 766–774.
- Johnson, M. H., Dziurawiec, S., Ellis, H., & Morton, J. (1991). Newborns' preferential tracking of face-like stimuli and its subsequent decline. *Cognition*, 40(1-2), 1–19.
- Johnson, M. H., Senju, A., & Tomalski, P. (2015). The two-process theory of face processing: Modifications based on two decades of data from infants and adults. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 50, 169–179.
- Kamps, F. S., Hendrix, C. L., Brennan, P. A., & Dilks, D. D. (2020). Connectivity at the origins of domain specificity in the cortical face and place networks. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 117(11), 6163–6169.
- Kosakowski, H. L., Cohen, M. A., Takahashi, A., Keil, B., Kanwisher, N., & Saxe, R. (2022). Selective responses to faces, scenes, and bodies in the ventral visual pathway of infants. *Current Biology*, 32(2), 265–274.
- Maratos, F. A., Mogg, K., Bradley, B. P., Rippon, G., & Senior, C. (2009). Coarse threat images reveal theta oscillations in the amygdala: A magnetoencephalography study. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, 9(2), 133–143.
- Michel, C., Pauen, S., & Hoehl, S. (2017). Schematic eye-gaze cues influence infants' object encoding dependent on their contrast polarity. *Scientific Reports*, 7(1), 7347.
- Michel, C., Wronski, C., Pauen, S., Daum, M. M., & Hoehl, S. (2019). Infants' object processing is guided specifically by social cues. *Neuropsychologia*, 126, 54–61.
- Naoi, N., Minagawa, Y., Yamamoto, J. I., & Kojima, S. (2022). Infants' prefrontal hemodynamic responses and functional connectivity during joint attention in an interactive-live setting. *Frontiers in Medical Technology*, 4, 821248.
- Otsuka, Y., Nakato, E., Kanazawa, S., Yamaguchi, M. K., Watanabe, S., & Kakigi, R. (2007). Neural activation to upright and inverted faces in infants measured by near infrared spectroscopy. *NeuroImage*, 34(1), 399–406.
- Peykarjou, S., & Hoehl, S. (2013). Three-month-olds' brain responses to upright and inverted faces and cars. *Developmental Neuropsychology*, 38(4), 272–280.
- Reid, V. M., Dunn, K., Young, R. J., Amu, J., Donovan, T., & Reissland, N. (2017). The human fetus preferentially engages with face-like visual stimuli. *Current Biology*, 27(12), 1825–1828.
- Reid, V. M., Striano, T., Kaufman, J., & Johnson, M. H. (2004). Eye gaze cueing facilitates neural processing of objects in 4-month-old infants. *Neuroreport*, 15(16), 2553–2555.
- Rigato, S., Menon, E., Johnson, M. H., & Farroni, T. (2011). The interaction between gaze direction and facial expressions in newborns. *European Journal of Developmental Psychology*, 8(5), 624–636.
- Righi, G., Westerlund, A., Congdon, E. L., Troller-Renfree, S., & Nelson, C. A. (2014). Infants' experience-dependent processing of male and female faces: Insights from eye tracking and event-related potentials. *Developmental Cognitive Neuroscience*, 8, 144–152.
- Ristic, J., & Kingstone, A. (2005). Taking control of reflexive social attention. *Cognition*, 94(3), b55–b65.
- Rossion, B., Torfs, K., Jacques, C., & Liu-Shuang, J. (2015). Fast periodic presentation of natural images reveals a robust face-selective electrophysiological response in the human brain. *Journal of Vision*, 15(1), 18–18.
- Rothkirch, M., Madipakkam, A. R., Rehn, E., & Sterzer, P. (2015). Making eye contact without awareness. *Cognition*, 143, 108–114.
- Schilbach, L., Wilms, M., Eickhoff, S. B., Romanzetti, S., Tepest, R., Bente, G., ... Vogeley, K. (2010). Minds made for sharing: Initiating joint attention recruits reward-related neurocircuitry. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 22(12), 2702–2715.
- Scott, L., Shannon, R. W., & Nelson, C. A. (2006). Neural

- correlates of human and monkey face processing in 9-month-old infants. *Infancy*, 10(2), 171–186.
- Scott, L. S., & Arcaro, M. J. (2023). A domain-relevant framework for the development of face processing. *Nature Reviews Psychology*, 2(3), 183–195.
- Senju, A., & Csibra, G. (2008). Gaze following in human infants depends on communicative signals. *Current Biology*, 18(9), 668–671.
- Senju, A., & Johnson, M. H. (2009). The eye contact effect: Mechanisms and development. *Trends in Cognitive Sciences*, 13(3), 127–134.
- Senju, A., Csibra, G., & Johnson, M. H. (2008). Understanding the referential nature of looking: Infants' preference for object-directed gaze. *Cognition*, 108(2), 303–319.
- Senju, A., Verneti, A., Ganea, N., Hudry, K., Tucker, L., Charman, T., & Johnson, M. H. (2015). Early social experience affects the development of eye gaze processing. *Current Biology*, 25(23), 3086–3091.
- Simion, F., Valenza, E., Macchi Cassia, V., Turati, C., & Umiltà, C. (2002). Newborns' preference for up-down asymmetrical configurations. *Developmental Science*, 5(4), 427–434.
- Simion, F., Valenza, E., Umiltà, C., & Dalla Barba, B. (1998). Preferential orienting to faces in newborns: A temporal-nasal asymmetry. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 24(5), 1399–1405.
- Stein, T., Senju, A., Peelen, M. V., & Sterzer, P. (2011). Eye contact facilitates awareness of faces during interocular suppression. *Cognition*, 119(2), 307–311.
- Sylvester, R., Josephs, O., Driver, J., & Rees, G. (2007). Visual fMRI responses in human superior colliculus show a temporal-nasal asymmetry that is absent in lateral geniculate and visual cortex. *Journal of Neurophysiology*, 97(2), 1495–1502.
- Tautvydaitė, D., Mares, I., Rahman, M. S., Burra, N., & Senju, A. (2022). Effect of perceived eye gaze on the N170 component-A systematic review. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 143, 104913.
- Tomalski, P., & Johnson, M. H. (2012). Cortical sensitivity to contrast polarity and orientation of faces is modulated by temporal-nasal hemifield asymmetry. *Brain Imaging and Behavior*, 6(1), 88–101.
- Tomalski, P., Johnson, M. H., & Csibra, G. (2009). Temporal-nasal asymmetry of rapid orienting to face-like stimuli. *Neuroreport*, 20(15), 1309–1312.
- Troiani, V., Price, E. T., & Schultz, R. T. (2014). Unseen fearful faces promote amygdala guidance of attention. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 9(2), 133–140.
- Turati, C., Simion, F., Milani, I., & Umiltà, C. (2002). Newborns' preference for faces: What is crucial? *Developmental Psychology*, 38(6), 875–882.
- Valenza, E., Simion, F., Cassia, V. M., & Umiltà, C. (1996). Face preference at birth. *Journal of experimental psychology: Human Perception and Performance*, 22(4), 892–903.
- Verneti, A., Ganea, N., Tucker, L., Charman, T., Johnson, M. H., & Senju, A. (2018). Infant neural sensitivity to eye gaze depends on early experience of gaze communication. *Developmental Cognitive Neuroscience*, 34, 1–6.
- Wahl, S., Michel, C., Pauen, S., & Hoehl, S. (2013). Head and eye movements affect object processing in 4-month-old infants more than an artificial orientation cue. *British Journal of Developmental Psychology*, 31(2), 212–230.

Neural mechanisms of face and gaze processing in infants

GUO Tongyang^{1,2}, MO Licheng², ZHANG Dandan^{1,2}

⁽¹⁾ China Center for Behavioral Economics and Finance & School of Economics,
Southwestern University of Finance and Economics, Chengdu 611130, China)

⁽²⁾ Institute of Brain and Psychological Sciences, Sichuan Normal University, Chengdu 610066, China)

Abstract: Faces and gaze direction are essential cues in interpersonal interactions. Examining how infants, especially newborns, process faces and gaze direction enhances our understanding of the origins and development of human social abilities. A review of existing literature shows that neonates (0~28 days old) generally prefer human faces and direct gaze, while infants around 3 months old begin to follow gaze direction. Brain imaging studies have revealed that infants older than 3 months exhibit neural responses to faces and gaze processing similar to those of adults. Future research could further explore neonatal preference for face and direct gaze, as well as gaze following in infants, using various brain imaging techniques, particularly novel magnetoencephalography, to uncover the neural basis of infants' innate sensitivity to human faces and eye gaze, and the cognitive mechanisms influenced by acquired experience.

Keywords: face, gaze direction, newborn, infant, social interaction