

# 婴儿对情绪信息的加工：认知发展特征及脑机制\*

莫李澄 李 奇 张丹丹

(四川师范大学脑与心理科学研究院, 成都 610066)

**摘 要** 语音韵律和面孔表情所传达的情绪性信息是人类解读他人情绪并进行人际互动的基础。探究婴儿对这两种载体所传达情绪信息的感知、辨别及评估, 有利于加深对婴儿认知发展特征和脑机制的理解。本文系统回顾了婴儿情绪研究, 发现颞叶和额叶皮层在婴儿情绪性语音和面孔表情加工中发挥着重要作用; 尽管婴儿的情绪加工涉及大脑双侧半球, 但已初步展现出了与成人类似的右半球优势。婴儿在出生后一周内即可分辨情绪信息, 并表现出对正性情绪的加工偏向。婴儿在 6 月龄左右对情绪的加工偏向逐渐从正性向负性转变。12 月龄时, 婴儿的负性情绪偏向基本稳定, 且能够理解情绪性语音和面孔中的情绪涵义, 并据此指导自己的行为。基于这些发现, 我们提出了“情绪偏向发展理论”。此外, 视-听跨感官模态信息对于婴儿对特定情绪的辨别和理解起到积极的作用。

**关键词** 婴儿, 情绪加工, 语音韵律, 面孔表情

**分类号** B844

## 1 引言

理解他人的情绪有助于我们推测他人的意图、预测他人的行为, 并指导我们自身的适应性行为(Devereux et al., 2009)。胎儿从娩出起至生后 28 日龄为“新生儿”阶段, 从 29 日龄到 12 月龄为“婴儿”阶段。研究发现, 在个体早期发展阶段, 学会识别和区分他人的情绪表达是婴儿与他人建立社会关系的基础, 同时对婴儿快速适应环境和语言等其他能力的发展也至关重要(Levine et al., 2016)。新生儿在出生时就为快速发展情绪感知能力做了充分准备, 他们对于社会刺激, 特别是面孔和声音, 表现出高度的关注。通过关注这些社会刺激, 他们获取有利于在后期辨别和识别情绪表达的信息。新生儿在出生的一周内对社会性、熟悉且带有积极情绪特征的语音和面孔表现出极高的敏感性, 随着时间的推移, 他们逐渐形成稳定的情绪加工偏向。在听觉加工方面, 以往的研

究主要使用情绪性韵律作为材料。情绪性韵律指的是说话人在表达和传递情感时所借助的语音中的音高、音长、音强、重音和语调等多种声学线索的动态变化(Brück et al., 2011)。研究表明, 新生儿在出生后的 24 小时内就具备了区分情绪韵律的能力, 并且对积极情绪的反应比对消极情绪的反应更为敏感(Liu et al., 2021)。除了听觉系统, 婴儿在视觉系统的发展中同样表现出对面孔表情的敏感性以及对不同情绪面孔的区分和加工偏向。例如 Farroni 等人(2007)发现, 新生儿在观看快乐和恐惧的面孔表情时, 对快乐表情的注视时间相较于恐惧表情更长。这表明新生儿可能在早期阶段就对快乐和恐惧这两种情感表达进行了一定程度的辨别, 并且表现出对积极情绪的偏好。在情绪的跨感官模态加工方面, 至少在 7 月龄时, 婴儿已经能够可靠地匹配和识别面孔-声音视听材料中的情绪信息(Grossmann, 2010)。神经影像学研究发现, 婴儿情绪加工与以杏仁核为核心的大脑网络的静息态功能连接有关。婴儿正性情绪的增加与杏仁核-突显网络的功能连接降低、杏仁核-执行控制网络的连接增强有关(Phillips et al., 2021), 婴儿负性情绪减少与杏仁核-眶额叶皮层的功能连接增加有关(Banihashemi et al., 2023)。婴

收稿日期: 2023-12-12

\* 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

儿 1 月龄时的左侧终纹(stria terminalis, 即连接额叶和颞顶皮层的白质纤维束)与其当前恐惧水平和发展后期的恐惧水平改变有关(Planalp et al., 2023)。这些研究说明, 人类从刚出生开始, 就有了类似于成人的情绪加工脑网络, 婴儿可以对环境中的各种情绪信息做出反应。

鉴于语音韵律和面孔表情信息在婴儿情绪发展中的重要作用, 本文将分别阐述情绪性信息在听觉语音系统和视觉面孔加工中发展的认知神经研究, 揭示婴儿语音和面孔情绪性信息加工的认知发展特征和脑机制, 并对今后该领域的研究进行建设性展望。

## 2 婴儿对情绪性面孔的加工

情绪面孔的辨别与区分是人类非语言交际的重要渠道。面孔所传递的情绪信息充当着婴儿进行社会交流的中介, 通过面孔表情的细微变化的辨识与区分, 婴儿能够识别照顾者的情绪状态和行为。这对于婴儿具有至关重要的意义, 不仅有助于其与父母进行信息交流, 同时也有助于改善其对生存环境等多方面的适应(Bayet et al., 2021)。对成人的研究发现, 对面孔情绪的区分通常在“面孔情绪加工”网络中进行, 包括颞上沟、杏仁核和眶额叶皮层(Leppänen & Nelson, 2009)。婴儿似乎与成人共享类似的功能网络, Rotem-Kohavi 等人(2017)采用脑电图技术探讨了 8~10 个月大的婴儿和成人情绪面孔加工的大脑功能组织。该研究对脑功能连接进行图论分析, 比较了消极和积极动态面孔表情(快乐和悲伤)感知背后的全局和局部大脑网络组织。结果发现, 动态情绪面孔表情的加工涉及婴儿和成人多个大脑区域。在全局水平上, 婴儿的大脑网络密度较成人更高, 这表明与情绪感知相关的整体大脑组织在婴儿时期尚未充分成熟。相反, 在局部水平上, 婴儿和成人的额叶和顶叶节点的功能特征是相似的, 这提示婴儿时期已建立情绪感知的脑区特异性。此外, 枕叶、顶叶和颞叶节点似乎对大脑网络内的信息流影响最大。总体而言, 这些结果表明, 尽管婴儿对快乐和悲伤情绪感知的全局大脑组织仍在发展中, 但局部的基本功能大脑网络在婴儿时期早已形成。

婴儿在出生后的第一年里, 识别人脸和解读面孔表情的能力快速发展。在出生后不久, 新生

儿就能够辨别有限的面孔表情。Field 等人(1982)考察了出生后平均 36 小时的新生儿对面孔表情的辨别和模仿。结果发现新生儿不仅可以区分快乐、悲伤和惊讶的面孔表情, 还可以通过眉毛、眼睛和嘴巴等面部运动来模仿这些表情。Farroni 等人(2007)考察了 2 日龄的新生儿的面孔表情辨别能力。结果发现, 新生儿无法区分中性和恐惧的面孔表情, 但是可以区分快乐和恐惧的面孔表情。此外, 2 日龄的新生儿对动态的面孔表情也具有辨别能力。研究发现新生儿在习惯了快乐和厌恶的动态面孔表情后, 能够成功地将两者进行区分(Addabbo et al., 2018)。Bayet 等人(2017)的一项横向研究发现, 从 3.5 月龄的婴儿到所有年龄组(6 月龄和 12 月龄), 他们在混合了噪音的背景下都更容易发现恐惧面孔(与快乐面孔相比)。Safar 和 Moulson (2020)的研究进一步发现, 3 月龄婴儿在视觉配对比较(visual paired-comparison, VPC)任务中对恐惧面孔给予了更多的注视(与快乐面孔相比)。5 月龄婴儿能够区分快乐和中性的面孔 (Bornstein et al., 2011), 对动态恐惧面孔投入了比非恐惧面孔(快乐和中性面孔)更强的持续性注意, 对恐惧面孔的颞叶区域活动更强(Heck et al., 2016)。此时, 枕区已表现出对面孔加工的敏感性, 并在面孔情绪加工上表现出右半球优势(DiLorenzo et al., 2019), 但面孔表情加工的大脑网络似乎还没有完全发育(Nakato et al., 2009)。6 月龄婴儿能够可靠地区分不同强度的快乐和愤怒的面孔表情(Striano et al., 2002)。6.5~7.5 月龄的婴儿已具有分类知觉, 他们在面对快乐和恐惧面孔表情连续集时, 能够区别面孔类别间的情绪表达, 但不能区分类别内的情绪。另外, 婴儿能够对快乐和恐惧面孔表情进行区分, 并且在习惯了恐惧面孔表情后, 表现出对快乐面孔的注视时间长于恐惧面孔(Cong et al., 2019)。此前 Kotsoni 等人(2001)的研究也发现婴儿在习惯了快乐面孔表情后, 表现出对情绪面孔表情的分类知觉。7 月龄婴儿可以辨别愤怒和恐惧的面孔表情, 相比于恐惧面孔表情, 愤怒的面孔表情引发了更大的 N290 振幅和更小的 P400 振幅(Andrea et al., 2008), 这两个成分被认为是成人面孔敏感成分 N170 在发展过程中的前体形式(de Haan et al., 2003)。另外, 7 月龄婴儿对动态的面孔表情非常敏感。Quadrelli 等人(2019)探讨了 7 月龄婴儿对动态和静态面孔表情加工的区别, 结果

发现婴儿在观看静态面孔表情时,脑电中央区负成分(negative central component, Nc)无法区分面孔情绪。而当面孔表情动态呈现时,快乐和愤怒表情比中性面孔在右侧中央区诱发了更大的 Nc 振幅。这一发现强调了动态面孔表情对婴儿情绪识别的促进作用。8~10 月龄婴儿逐渐发展出对面孔表情的理解能力,系列研究使用期望违背范式,通过考察婴儿能否将面孔表情与对应事件进行匹配来探索婴儿对面孔表情的理解能力。Hepach 和 Westermann (2013)的研究发现,10 月龄和 14 月龄的婴儿在拍毛绒玩具时,希望表情给予者表达快乐而不是愤怒。随后,Skerry 等人(2014)的研究发现,8~10 月龄的婴儿在完成一个目标后,希望对方表达快乐而不是悲伤。这说明 8 月龄以后的婴儿能够将积极的面孔表情与积极的事件相匹配,提示他们理解了积极面孔表情的情绪含义。然而,婴儿将负面情绪与负面事件相匹配的能力出现的更晚一些。Reschke 等人(2017)探讨了婴儿对他人对积极和消极事件的一致和不一致情绪反应的敏感性。研究者让 12 月龄的婴儿观看了三种不同的人际关系事件(给玩具,打破玩具,争夺玩具),然后呈现与前一个事件结果一致或不一致的情绪表达(快乐,悲伤,愤怒),观察婴儿注视每种情绪反应的持续时间。结果发现,在给予条件下,婴儿对愤怒表情的注视时间长于快乐表情;在争夺条件下,婴儿对快乐表情的注视时间长于愤怒和悲伤表情,这表明婴儿表现出对给予和争斗事件的不一致情绪反应的敏感性,同时也为婴儿理解面孔表情的意义提供了证据。更重要的是,该研究是迄今为止婴儿对负性事件情感敏感性的最早证据。

综上所述,婴儿对不同面孔表情的感知和区分能力在新生儿时期就展现出一定水平,并在出生后的一年里得到稳定发展。通过对已有文献的综述,我们初步发现,在出生后短短 36 小时,新生儿已经具备了辨别和模仿面孔表情的能力,显示了新生儿对来自周围环境的面孔表情的敏感性和互动能力。2 日龄的婴儿基本能够区分快乐、悲伤、惊讶和恐惧等不同的面孔表情。随着时间的推移,3~4 月龄的婴儿能够较为可靠地区分不同的面孔表情。到了 5 月龄,婴儿开始对不同表情、表现形式的表情进行辨别,能够较为可靠地辨别不同动态面孔表情。6 月龄后,婴儿表现出对情绪

面孔表情的分类知觉。到 7 月龄,婴儿对动态的面孔表情非常敏感。8 月龄及以上的婴儿开始表现出对情绪性面孔表情的理解,对正性情绪的面孔表情的理解要早于负性情绪。尽管此时婴儿情绪面孔感知的全局脑网络尚未完全成熟,但局部特异性脑网络已经形成,几乎与成人相当。

### 3 婴儿对情绪性语音的加工

相对于其他感知觉,听觉在人类早期情绪加工中承担着更为重要的角色(Caron et al., 1988),这是因为婴儿的视觉功能还极其不成熟(例如出生后的前半年几乎没有颜色知觉)。

研究发现,婴儿在出生后早期就可以对情绪性语音进行辨别和区分。Cheng 等人(2012)最先使用脑观测技术考察了婴儿对情绪性语音的加工,结果发现,婴儿在出生后 1~5 天就可以辨别情绪性语音,并且在恐惧韵律条件下(相比于中性和快乐韵律)右侧额区诱发了波幅更大的脑电失匹配反应成分(mismatch response, MMR; 成人失匹配负波 MMN 的早期形态),这一发现提示婴儿对情绪加工可能具有大脑右侧化优势。Zhang 等人(2014)的研究也发现出生后 0~6 天的婴儿可以区分恐惧韵律和愤怒韵律。随后, Zhang 等人(2019)的研究进一步发现,当刚出生 0~4 天的新生儿在听到表达快乐、恐惧和愤怒的情绪性语音韵律时,相对于中性韵律,他们的右侧颞叶得到了更多更显著的激活。另外,右侧顶叶区域对恐惧韵律更敏感,相对于快乐和中性韵律,这一发现强调了右半球在新生儿情绪韵律感知中的重要性。上述研究证明新生儿不仅能够对不同种类的情绪性语音进行一定的区分,并对情绪性语音韵律加工表现出大脑右半球优势。研究发现 2 月龄的婴儿对快乐语音(相对于中性语音)引起了左侧颞-顶皮层的更多激活,左侧颞上回对快乐语音更敏感(与愤怒相比),表明左侧脑区在 2 月龄婴儿加工积极情绪中起着重要作用(Shekhar et al., 2019)。4 月龄时,当婴儿听到情绪性语音(与非情绪性语音相比)时右侧颞叶被显著激活(Minagawa et al., 2011)。到了 5 月龄时, Grossmann 等人(2005)发现婴儿左侧颞叶皮层表现出对不同情绪性声音的反应,反应强度从快乐、愤怒到中性依次减弱。6 月龄时, Graham 等人(2013)发现,婴儿收听快乐情绪语音时左侧背外侧前额叶激活增加(与中性语音相比)。

7 月龄时, Grossmann 等人(2005)发现婴儿的右侧颞叶皮层对愤怒韵律敏感。相对于快乐与中性韵律, 婴儿在听愤怒的语音时大脑颞叶的脑电负成分(Nc)波幅更大, 表明此阶段的婴儿对负性情绪分配的注意资源更多。同样, Blasi 等人(2011)也发现 7 月龄的婴儿在听到情绪性声音时右半球颞叶皮层声音敏感区域的激活增加, 对悲伤的声音更敏感(相对于快乐和中性声音)。此外, 也有研究并未观察到语音韵律加工的大脑偏侧化现象。例如, Zhao 等人(2019)的研究发现, 6 月龄婴儿的双侧颞叶皮层对情绪性语音的反应增强。具体而言, 愤怒韵律(相比于中性韵律)在左侧前颞上皮层引发更强烈的反应, 而快乐韵律语音(相对于愤怒韵律)则导致右侧颞上皮层的激活增强。这一发现表明婴儿对情绪性语音的加工涉及大脑双侧半球。

综上所述, 婴儿在新生儿时期就能对不同情绪性语音进行一定的感知和区分, 这一能力随着年龄的增加逐渐发展得更为成熟。通过对已有文献的综述, 我们初步发现, 在出生后的一周内, 婴儿对情绪性语音表现出相当的敏感, 基本可以辨别情绪性语音, 这有利于提高他们与他人互动的机会。2 月龄的婴儿能够区分快乐语音和中性语音, 并对快乐语音更敏感。5 月龄时, 婴儿能够区分快乐、愤怒和中性语音, 并对快乐语音更敏感。7 月龄时, 婴儿能够区分快乐、悲伤、愤怒和中性语音, 此时对愤怒和悲伤的语音更敏感。总的来说, 婴儿情绪性语音加工的核心脑区为颞叶皮层, 涉及大脑双侧半球, 但大脑右半球似乎更具优势。然而, 现有研究对婴儿情绪性语音加工的大脑偏侧化结果尚不能形成一致的结论。

#### 4 婴儿对情绪信息的跨通道加工

婴儿对情绪信息的跨通道加工是指婴儿在感知和处理情绪信息时, 同时利用多个感觉通道(例如视觉和听觉)的能力。这一过程对于婴儿的情绪发展和社会互动至关重要。研究表明, 婴儿大脑中正在发育的回路基本上是多感官的(Hyde et al., 2011)。3.5 月龄的婴儿能够成功地将情绪性语音(快乐或悲伤)与适当的静态面孔图像匹配, 但这种能力仅限于熟悉的人(母亲)的面孔和声音(Montague et al., 2001)。Vaillant-Molina 等人(2013)让 3.5 月龄和 5 月龄的婴儿收听且观看其他婴儿表达积极和消极的动态面孔表情和声音, 结果发

现只有 5 月龄的婴儿能够匹配与声音情感一致的面孔表情。Walker-Andrews 等人(1997)让 2~7 月龄的婴儿观看情绪面孔, 同时听与情绪匹配或不匹配的语音, 发现 2 月龄的婴儿还不能将情绪性声音和面孔表情进行匹配; 4 月龄婴儿只能在表达高兴情绪的面孔和声音同时出现时对其进行匹配; 而 7 月龄婴儿则可以在不同情绪条件下道实现视听双通道信息匹配, 说明随着年龄的增长, 婴儿对情绪性信息跨通道加工的能力得到发展。同时, Bahrick 和 Lickliter (2004)还发现, 当以双感官模态体验情绪事件时, 5 月龄婴儿还可以察觉到该事件的节奏和韵律变化。Palama 等人(2018)探讨了 6 月龄婴儿是否具有将非感官模态的信息(即独立于感官模态的信息)从情绪语音传递到情绪面孔的能力。研究人员向 24 名婴儿展示了连续的情感刺激序列[声音或面孔表情从一种感官模态(听觉)转移到另一种感官模态(视觉)], 构成跨感官模态转移。每个序列都有一个情绪(生气或高兴)或中性的声音, 然后同时呈现两个静态的情绪面孔(生气或高兴, 与情绪声音一致或不一致)。结果发现, 在听了中性或愤怒的声音后, 婴儿注视快乐或愤怒面孔的时间没有明显差异。然而, 在听到快乐的声音后, 婴儿对与情绪声音不一致的愤怒面孔(尤其是嘴巴区域)的注视时间更长, 这表明对于 6 月龄婴儿来说, 跨感官模态转移(从听觉到视觉)只有在听到快乐的声音后才有可能发生。该研究证明 6 月龄婴儿能够跨通道(感官模态)识别情绪。Soken 等人(1992)发现 7 月龄婴儿在视听情绪信息一致情况下表现出更大的晚期负成分, 代表对情绪一致信息的获取, 即他们此时能够捕捉到面孔与语音中共同的情绪信息, 并且对情绪面孔表情的一致性和语音的情绪语调变得敏感。后来 Grossmann 等人(2006)观察到 7 月龄婴儿在面孔和语音情绪信息不一致的情况下记录到了更大的脑电早期负成分(Nc), 表示他们对不一致信息的更多注意分配。Hepach 和 Westermann (2013)的研究发现, 10 月龄婴儿在观看带有积极或消极情绪的演员表演时, 还不能对情绪与行为一致条件下的场景做出选择性反应, 而 14 月龄婴儿能够将情绪信息与社会互动场景进行匹配, 提示 10 月龄婴儿可能还不能很好地理解社会互动中情绪的含义, 随着月龄的增加该能力逐渐得到发展, 到 14 月龄时显示出了这一能力。

综上所述, 婴儿展现出了跨通道加工情绪信息的能力, 表现为可以将跨通道的情绪信息进行匹配, 并且能够将情绪信息进行跨感官模态的转移。这些能力随着年龄的增长逐渐趋于完善。基于已有研究, 我们初步观察到婴儿在 3.5 月龄时已能够对熟悉的人(母亲)的情绪性声音和静态面孔进行匹配; 在 5 月龄时, 婴儿能够将情绪性声音与其一致的面孔表情进行匹配, 并能够利用视觉-听觉感官模态信息感知情绪性信息的变化。在 6 月龄时, 婴儿能够跨感官模态识别情绪, 具备了将独立于感官模态的情绪信息从听觉(语音)传递到视觉(面孔)的能力。到 7 月龄时婴儿能够稳定捕捉到视听刺激中的共同情绪性信息。在 10 月龄后, 婴儿能够根据情绪韵律的变化调整对面孔信息的注意, 并逐步加深对情绪的理解, 从而在社会互动场景中通过跨通道识别并理解情绪。

## 5 婴儿对情绪信息的加工偏向

通过回顾不同月龄婴儿对情绪信息的加工的研究, 我们发现婴儿对情绪具有加工偏向, 并且这种偏向在不同的年龄阶段表现不同。早期研究发现快乐韵律比消极韵律更能引起新生儿的注意, 引发更多的睁眼反应(Mastropieri & Turkewitz, 1999)。2 日龄的新生儿对快乐面孔的注视时间要长于恐惧面孔, 这表明新生儿对积极面孔表情的偏好。0~4 日龄的新生儿对正性韵律的脑响应比负性韵律更强(Zhang et al., 2019)。1~5 日龄的新生儿对恐惧韵律更敏感, 在听到恐惧韵律时(相比于中性和快乐韵律), 脑响应更强(Cheng et al., 2012)。2 月龄时, 婴儿对积极情绪的敏感性增强, 对快乐语音(相比于中性和愤怒韵律)的脑响应更强(Shekhar et al., 2019)。3 月龄左右的婴儿对恐惧面孔(相比于快乐面孔)更敏感(Bayet et al., 2017; Safar & Moulson, 2020)。4 月龄婴儿对快乐面孔的注视时间长于愤怒面孔(LaBarbera et al., 1976), 而且只能在表达快乐情绪的面孔和声音同时出现时将两者进行匹配(Walker-Andrews et al., 1997), 提示婴儿在利用视觉或跨通道加工情绪时, 对积极情绪的偏好。5 月龄时, 婴儿对快乐语音韵律(相比于愤怒韵律)的脑响应更强 (Grossmann et al., 2005), 而对恐惧面孔更敏感(Heck et al., 2016)。6 月龄的婴儿能够跨感官模态识别快乐情绪而不是中性或愤怒情绪(Palama et al., 2018), 提

示婴儿在跨通道加工情绪时, 对积极情绪更敏感。7 月龄时, 婴儿对愤怒(Grossmann, 2010)和悲伤(Blasi et al., 2011)的语音韵律更敏感, 并对愤怒韵律具有更强的脑响应(Grossmann et al., 2005), 同时对恐惧面孔(相比于快乐面孔)的注视时间更长, 恐惧面孔条件诱发更强的脑响应(Hoehl & Striano, 2010; Peltola et al., 2009)。其他大量研究也一致发现, 7 月龄婴儿更偏向恐惧而不是快乐的面孔表情(Geangu et al., 2016; Krol et al., 2015; LoBue et al., 2010; Miguel et al., 2019; Safar & Moulson, 2017), 这些研究表明, 婴儿在 7 月龄时情绪加工的负性偏向已比较稳定。

综上所述, 现有研究对婴儿情绪加工的偏向性结果尚不能形成一致的结论。情绪偏向性在婴儿发展的不同阶段表现不同。婴儿的情绪加工在前 6 个月以正性偏向为主, 但在 6 个月后会逐渐发展为稳定的负性偏向。据此, 我们提出“情绪偏向发展理论”: 人类的情绪加工偏向会在半岁左右发生转变, 6 月龄及以下的婴儿表现为正性偏向, 6~7 月龄婴儿以及之后的发展阶段则表现为越来越稳定的负性偏向。从认知发展阶段来看, 婴儿的大脑优先加工与发展阶段相关的刺激, 对于 6 月龄及以下的婴儿来说, 对积极情绪的更积极反应可能会有助于与父母建立积极联系, 进而获得更多的关爱, 因此, 这一阶段婴儿更偏好正性情绪。6 月龄以上的婴儿逐渐发展出爬走跑跳等运动能力, 开始主动探索世界, 这时他们需要对威胁性信息更敏感来保护自己免受伤害, 因此, 这一阶段婴儿更偏好负性情绪。目前, 学者们对于 6 月龄以上婴儿对情绪加工具有负性偏向已基本达成共识, 6 月龄以下婴儿对情绪加工的正性偏向, 由于研究证据比较少, 未来需要更多的研究进一步探讨。

## 6 总结与展望

综上所述, 婴儿的情绪加工主要依赖于语音、面孔表情以及两者之间的跨通道加工。在婴儿情绪性语音加工中, 颞叶皮层为核心脑区; 而在情绪性面孔加工中, 颞叶和额叶皮层为核心脑区。婴儿的情绪加工虽然涉及大脑双侧半球, 但大脑右半球似乎更具优势。婴儿在出生后几天内已能对情绪性语音和面孔进行初步的辨别和区分, 并表现出情绪偏向性。这种情绪偏向性在婴儿发

展的不同阶段呈现出差异。婴儿对情绪加工在前6个月以正性偏向为主,然而在6个月后则逐渐发展为负性偏向,这一加工偏向的变化可能与婴儿对环境的适应和经验积累有关。相比于语音和面孔的情绪加工,婴儿对情绪的跨通道加工能力则显示出较晚的发展。总的来说,随着年龄的增长,婴儿对情绪的加工逐渐趋于完善,涵盖了从情绪的辨别和区分,到对情绪变化的捕捉,再到对情绪的理解和应用的多个层面。目前,关于婴儿时期对视觉、听觉以及跨通道情绪性信息加工的研究已经取得了长足的进展并奠定了相对充实的基础。然而,仍有以下几个问题有待解决:

第一,对于婴儿在出生后第一年内情绪加工偏向性的发展变化,目前尚缺乏足够的证据。目前的研究多采取某一年龄段婴儿进行年龄分裂研究,或者只选取特定年龄段婴儿进行横向比较,缺少对婴儿情绪加工发展的纵向研究。为了回答这一问题,未来的研究可以采用纵向追踪设计,对婴儿从早期到幼儿期的情绪加工进行系统性研究,以构建完整的发展时间线,深入揭示婴儿情绪发展特征及其偏向性的转变。在追踪的过程,建议定期在多个时间点收集婴儿情绪加工数据,以更准确地捕捉其发展轨迹。另外,不仅要关注特定年龄的变化,还要深入了解不同发展时期的动态变化,以提供对婴儿情绪加工在时间上的变化和连续性的更全面认识。

第二,在大多数研究中所使用的情绪标签(愤怒、恐惧、快乐)大多由成年参与者确定的,需要注意的是,这并不代表婴儿对这些标签所反映的情绪有同样的理解(Zhang et al., 2017)。婴儿对某一情绪材料的敏感性也并不意味着他们能够从概念上理解这些情绪(Leppänen & Nelson, 2009),对某一情绪韵律和面孔的增强反应可能反映了情绪声音中存在的低水平差异的加工和面孔本身的物理特征变化,而并非情绪加工本身(Belin & Grosbras 2010)。未来研究可以尽可能从婴儿自身的角度出发来验证情绪信息。虽然婴儿无法提供直接的语言反馈,但可以通过观察其行为、面孔表情和生理反应等方式来推测其情绪体验,以确保情绪标签的准确性和适应性。此外,未来研究可以在实验设计中,通过精心控制情绪声音和面孔的物理特征变化,以排除这些变化对婴儿反应的潜在干扰。这有助于确保观察到的增强

反应更可能是情绪加工的结果,而不是由声音中存在的低水平差异和面孔本身的物理特征变化造成的。最后,未来研究还可以通过多模态整合多种感官信息,如声音、面孔和生理指标(心率、呼吸及大脑响应等),以更全面地了解婴儿对情绪的反应。这有助于区分特定情感材料引起的生理和行为反应是否反映了概念上的理解。

第三,目前关于情绪类别的研究相对有限,主要集中在快乐、恐惧、愤怒、厌恶等生理性情绪上。现有研究的发现是否可以推广到其他更复杂的情绪类别上去仍然是一个待解的问题。未来研究可以在现有研究的基础上,适当引入复杂的社会性情绪,例如愧疚、焦虑、羞愧等作为刺激材料,延续已经成熟的实验范式来探究婴儿对更复杂的社会性情绪的加工,这将有助于进一步丰富和扩展婴儿情绪加工的理论。此外,社交表现是衡量儿童心理发展的重要指标(彭小凡等, 2020),深入研究婴儿对社会性情绪的加工,有助于他们在成长过程中发展出更佳的社交能力提供有价值的参考。

第四,由于实验材料或范式的差异常常导致出现不一致甚至相互矛盾的实验结果,例如在情绪性面孔研究中使用静态或动态面孔可能会得到相反的实验结果。未来研究可以在同一实验中使用多种材料和范式对同一组被试进行比较研究,以确保研究结果的可靠性和稳定性。此外,还可以结合多种研究方法,如行为观察、神经影像和生理测量,以全面了解婴儿情绪加工的多个方面。这种综合研究方法不仅有助于提供可靠的研究结果,还有利于建立更全面的情绪加工发展模型,为揭示其认知发展和脑机制提供更具说服力的证据。

## 参考文献

- 彭小凡, 钟媛媛, 鲍未, 桂腾娅. (2020). 希望产生的自尊: 儿童心理素质减少社交焦虑的内在机制. *贵州师范大学学报(自然科学版)*, 38(2), 108-113.
- Addabbo, M., Longhi, E., Marchis, I. C., Tagliabue, P., & Turati, C. (2018). Dynamic facial expressions of emotions are discriminated at birth. *Plos One*, 13(3), e0193868.
- Andrea, K., Tobias, G., Vincent, M. R., & Tricia, S. (2008). The discrimination of angry and fearful facial expressions in 7-month-old infants: An event-related potential study. *Cognition and Emotion*, 22(1), 134-146.
- Bahrick, L. E., & Lickliter, R. (2004). Infants' perception of

- rhythm and tempo in unimodal and multimodal stimulation: A developmental test of the intersensory redundancy hypothesis. *Cognitive, Affective and Behavioral Neuroscience*, 4(2), 137–147.
- Banihashemi, L., Schmithorst, V. J., Bertocci, M. A., Samolyk, A., Zhang, Y., Lima Santos, J. P., ... Phillips, M. L. (2023). Neural network functional interactions mediate or suppress white matter-emotional behavior relationships in infants. *Biological Psychiatry*, 94(1), 57–67.
- Bayet, L., Perdue, K. L., Behrendt, H. F., Richards, J. E., Westerlund, A., Cataldo, J. K., & Nelson, C. A., 3rd (2021). Neural responses to happy, fearful and angry faces of varying identities in 5- and 7-month-old infants. *Developmental Cognitive Neuroscience*, 47, 100882.
- Bayet, L., Quinn, P. C., Laboissière, R., Caldara, R., Lee, K., & Pascalis, O. (2017). Fearful but not happy expressions boost face detection in human infants. *Biological Sciences*, 284(1862), 20171054.
- Belin, P., & Grosbras, M. H. (2010). Before speech: Cerebral voice processing in infants. *Neuron*, 65(6), 733–735.
- Blasi, A., Mercure, E., Lloyd-Fox, S., Thomson, A., Brammer, M., Sauter, D., ... Murphy, D. G. (2011). Early specialization for voice and emotion processing in the infant brain. *Current Biology*, 21(14), 1220–1224.
- Bornstein, M. H., Arterberry, M. E., Mash, C., & Manian, N. (2011). Discrimination of facial expression by 5-month-old infants of nondepressed and clinically depressed mothers. *Infant Behavior and Development*, 34(1), 100–106.
- Brück, C., Kreifelts, B., & Wildgruber, D. (2011). Emotional voices in context: A neurobiological model of multimodal affective information processing. *Physics of Life Reviews*, 8(4), 383–403.
- Caron, A. J., Caron, R. F., & MacLean, D. J. (1988). Infant discrimination of naturalistic emotional expressions: The role of face and voice. *Child Development*, 59(3), 604–616.
- Cheng, Y., Lee, S. Y., Chen, H. Y., Wang, P. Y., & Decety, J. (2012). Voice and emotion processing in the human neonatal brain. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 24(6), 1411–1419.
- Cong, Y. Q., Junge, C., Aktar, E., Raijmakers, M., Franklin, A., & Sauter, D. (2019). Pre-verbal infants perceive emotional facial expressions categorically. *Cognition and Emotion*, 33(3), 391–403.
- 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.
- Devereux, J. M., Hastings, R. P., Noone, S. J., Firth, A., & Totsika, V. (2009). Social support and coping as mediators or moderators of the impact of work stressors on burnout in intellectual disability support staff. *Research in Developmental Disabilities*, 30(2), 367–377.
- Di Lorenzo, R., Blasi, A., Junge, C., van den Boomen, C., van Rooijen, R., & Kemner, C. (2019). Brain responses to faces and facial expressions in 5-month-olds: An fNIRS study. *Frontiers in Psychology*, 10, 1240.
- Farroni, T., Menon, E., Rigato, S., & Johnson, M. H. (2007). The perception of facial expressions in newborns. *The European Journal of Developmental Psychology*, 4(1), 2–13.
- Field, T. M., Woodson, R., Greenberg, R., & Cohen, D. (1982). Discrimination and imitation of facial expression by neonates. *Science*, 218(4568), 179–181.
- Geangu, E., Ichikawa, H., Lao, J., Kanazawa, S., Yamaguchi, M. K., Caldara, R., & Turati, C. (2016). Culture shapes 7-month-olds' perceptual strategies in discriminating facial expressions of emotion. *Current Biology*, 26, R663–R664.
- Graham, A. M., Fisher, P. A., & Pfeifer, J. H. (2013). What sleeping babies hear: A functional MRI study of interparental conflict and infants' emotion processing. *Psychological Science*, 24(5), 782–789.
- Grossmann, T. (2010). The development of emotion perception in face and voice during infancy. *Restorative Neurology and Neuroscience*, 28(2), 219–236.
- Grossmann, T., Striano, T., & Friederici, A. D. (2005). Infants' electric brain responses to emotional prosody. *Neuroreport*, 16(16), 1825–1828.
- Grossmann, T., Striano, T., & Friederici, A. D. (2006). Crossmodal integration of emotional information from face and voice in the infant brain. *Developmental Science*, 9(3), 309–315.
- Heck, A., Hock, A., White, H., Jubran, R., & Bhatt, R. S. (2016). The development of attention to dynamic facial emotions. *Journal of Experimental Child Psychology*, 147, 100–110.
- Hepach, R., & Westermann, G. (2013). Infants' sensitivity to the congruence of others' emotions and actions. *Journal of Experimental Child Psychology*, 115, 16–29.
- Hoehl, S., & Striano, T. (2010). The development of emotional face and eye gaze processing. *Developmental Science*, 13(6), 813–825.
- Hyde, D. C., Jones, B. L., Flom, R., & Porter, C. L. (2011). Neural signatures of face-voice synchrony in 5-month-old human infants. *Developmental Psychobiology*, 53(4), 359–370.
- Kotsoni, E., de Haan, M., & Johnson, M. H. (2001). Categorical perception of facial expressions by 7-month-old infants. *Perception*, 30(9), 1115–1125.
- Krol, K., Monakhov, M., Lai, P., Ebstein, R., & Grossmann, T. (2015). Genetic variation in CD38 and breastfeeding experience interact to impact infants' attention to social eye cues. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 112, E5434–E5442.
- LaBarbera, J. D., Izard, C. E., Vietze, P., & Parisi, S. A.

- (1976). Four- and six-month-old infants' visual responses to joy, anger, and neutral expressions. *Child Development*, 47(2), 535–538.
- Leppänen, J. M., & Nelson, C. A. (2009). Tuning the developing brain to social signals of emotions. *Nature Reviews Neuroscience*, 10(1), 37–47.
- Levine, D., Strother-Garcia, K., Golinkoff, R. M., & Hirsh-Pasek, K. (2016). Language development in the first year of life: What deaf children might be missing before cochlear implantation. *Otology and Neurotology*, 37(2), e56–e62.
- Liu, L., Geng, Y., Cui, Y., Zhou, Y., Sun, G., Peng, C., ... Chen, J. (2021). Significance of the ability to differentiate emotional prosodies for the early diagnosis and prognostic prediction of mild hypoxic-ischemic encephalopathy in neonates. *International Journal of Developmental Neuroscience*, 81(1), 51–59.
- LoBue, V., Rakison, D. H., & DeLoache, J. S. (2010). Threat perception across the life span: Evidence for multiple converging pathways. *Current Directions in Psychological Science*, 19(6), 375–379.
- Mastropieri, D., & Turkewitz, G. (1999). Prenatal experience and neonatal responsiveness to vocal expressions of emotion. *Developmental Psychobiology*, 35(3), 204–214.
- Miguel, H. O., McCormick, S. A., Westerlund, A., & Nelson, C. A. (2019). Rapid face processing for positive and negative emotions in 5-, 7-, and 12-month-old infants: An exploratory study. *The British Journal of Developmental Psychology*, 37(4), 486–504.
- Minagawa-Kawai, Y., van der Lely, H., Ramus, F., Sato, Y., Mazuka, R., & Dupoux, E. (2011). Optical brain imaging reveals general auditory and language-specific processing in early infant development. *Cerebral Cortex*, 21(2), 254–261.
- Montague, D. P., & Walker-Andrews, A. S. (2001). Peekaboo: A new look at infants' perception of emotion expressions. *Developmental Psychology*, 37(6), 826–838.
- Nakato, E., Otsuka, Y., Kanazawa, S., Yamaguchi, M. K., Watanabe, S., & Kakigi, R. (2009). When do infants differentiate profile face from frontal face? A near-infrared spectroscopic study. *Human Brain Mapping*, 30(2), 462–472.
- Palama, A., Malsert, J., & Gentaz, E. (2018). Are 6-month-old human infants able to transfer emotional information (happy or angry) from voices to faces? An eye-tracking study. *Plos One*, 13(4), e0194579.
- Peltola, M. J., Leppänen, J. M., Mäki, S., & Hietanen, J. K. (2009). Emergence of enhanced attention to fearful faces between 5 and 7 months of age. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 4(2), 134–142.
- Phillips, M. L., Schmithorst, V. J., Banihashemi, L., Taylor, M., Samolyk, A., Northrup, J. B., ... Hipwell, A. E. (2021). Patterns of infant amygdala connectivity mediate the impact of high caregiver affect on reducing infant smiling: Discovery and replication. *Biological Psychiatry*, 90(5), 342–352.
- Planalp, E. M., Dowe, K. N., Alexander, A. L., Goldsmith, H. H., Davidson, R. J., & Dean, D. C., 3rd (2023). White matter microstructure predicts individual differences in infant fear (But not anger and sadness). *Developmental Science*, 26(3), e13340.
- Quadrelli, E., Conte, S., Macchi Cassia, V., & Turati, C. (2019). Emotion in motion: Facial dynamics affect infants' neural processing of emotions. *Developmental Psychobiology*, 61(6), 843–858.
- Reschke, P., Walle, E., Flom, R., & Guenther, D. (2017). Twelve-month-old infants' sensitivity to others emotions following positive and negative events. *Infancy*, 22, 874–881.
- Rotem-Kohavi, N., Oberlander, T. F., & Virji-Babul, N. (2017). Infants and adults have similar regional functional brain organization for the perception of emotions. *Neuroscience Letters*, 650, 118–125.
- Safar, K., & Moulson, M. C. (2017). Recognizing facial expressions of emotion in infancy: A replication and extension. *Developmental Psychobiology*, 59(4), 507–514.
- Safar, K., & Moulson, M. C. (2020). Three-month-old infants show enhanced behavioral and neural sensitivity to fearful faces. *Developmental Cognitive Neuroscience*, 42, 100759.
- Shekhar, S., Maria, A., Kotilahti, K., Huotilainen, M., Heiskala, J., Tuulari, J. J., ... Nissilä, I. (2019). Hemodynamic responses to emotional speech in two-month-old infants imaged using diffuse optical tomography. *Scientific Reports*, 9(1), 4745.
- Skerry, A., & Spelke, E. (2014). Preverbal infants identify emotional reactions that are incongruent with goal outcomes. *Cognition*, 130, 204–216.
- Soken, N. H., & Pick, A. D. (1992). Intermodal perception of happy and angry expressive behaviors by seven-month-old infants. *Child Development*, 63(4), 787–795.
- Striano, T., Brennan, P. A., & Vanman, E. (2002). Maternal depressive symptoms and 6-month-old infants sensitivity to facial expressions. *Infancy*, 3, 115–126.
- Vaillant-Molina, M., Bahrick, L. E., & Flom, R. (2013). Young infants match facial and vocal emotional expressions of other infants. *Infancy*, 18, E97–E111.
- Walker-Andrews A. S. (1997). Infants' perception of expressive behaviors: Differentiation of multimodal information. *Psychological Bulletin*, 121(3), 437–456.
- Zhang, D., Chen, Y., Hou, X., & Wu, Y. J. (2019). Near-infrared spectroscopy reveals neural perception of vocal emotions in human neonates. *Human Brain Mapping*, 40(8), 2434–2448.
- Zhang, D., Liu, Y., Hou, X., Sun, G., Cheng, Y., & Luo, Y. (2014). Discrimination of fearful and angry emotional



- voices in sleeping human neonates: A study of the mismatch brain responses. *Frontiers in Behavioral Neuroscience*, 8, 422.
- Zhang, D., Zhou, Y., Hou, X., Cui, Y., & Zhou, C. (2017). Discrimination of emotional prosodies in human neonates: A pilot fNIRS study. *Neuroscience Letters*, 658, 62–66.
- Zhao, C., Chronaki, G., Schiessl, I., Wan, M. W., & Abel, K. M. (2019). Is infant neural sensitivity to vocal emotion associated with mother-infant relational experience? *Plos One*, 14(2), e0212205.

## Emotional information processing in infants: Cognitive development and neural mechanisms

MO Licheng, LI Qi, ZHANG Dandan

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

**Abstract:** The emotional information conveyed through phonological prosody and facial expressions forms the foundation for human interpretation of others' emotions and facilitates interpersonal interactions. Investigating how infants perceive, discriminate, and evaluate emotions embedded in these two modalities deepens our understanding of infants' cognitive development and neural mechanisms. This paper comprehensively reviews emotion processing in infants, revealing that the temporal and frontal cortex play crucial roles in processing emotional speech and facial expressions. Although emotional processing involves both brain hemispheres, infants initially show a right-hemisphere advantage similar to adults. Within the first week after birth, infants can distinguish emotional information and exhibit a processing bias toward positive emotions. The bias gradually shifts to favor negative emotions around six months of age. By twelve months, infants' negative emotional biases stabilize, and they can understand and respond to emotional cues from speech and facial expressions. Based on these findings, we propose the “Developmental Theory of Emotional Bias.” Importantly, cross-modal visual-auditory information significantly enhances infants' ability to discern and understand specific emotions.

**Keywords:** infant, emotion processing, speech prosody, facial expression