心理科学进展 2027, Vol. 35, No. 2, 449–471 https://doi.org/10.3724/SP.J.1042.2027.0449
Advances in Psychological Science https://cstr.cn/32111.14.2027.0449

·研究前沿(Regular Articles)·

生物运动情绪信息的加工机制及临床异常*

袁 甜[1] 孔 丽[1] 王 莉[2,3] 蒋 毅[2,3]

([1]上海师范大学心理学院, 上海 200234) ([2]中国科学院大学心理学系, 北京 100049)
([3]中国科学院心理研究所, 认知科学与心理健康全国重点实验室, 北京 100101)

摘 要 从社会线索中知觉与解读他人的情绪状态在社会互动与生存进化中扮演着重要的角色。面部表情是最常见的情绪线索。除此之外, 生命体的运动也传递着重要的情绪信息, 且具有独特的优势。本文系统综述了近年来生物运动情绪研究的进展, 并从加工机制、神经基础、亚临床及临床异常等方面进行总结。现有证据表明, 生物运动情绪加工依赖整体形状与局部运动的协同作用, 并在特定情绪上表现出一定的加工优势, 这一过程主要依赖以后侧颞上沟为核心的社会性脑网络。同时, 尽管生物运动与面部表情在低水平视觉特征上差异显著, 二者却在行为和神经机制上呈现紧密关联, 可能共享一套社会情绪知觉系统。此外, 生物运动情绪加工能力在亚临床特质个体(高自闭特质、分裂型特质、高焦虑特质)与临床群体(自闭症、精神分裂症、情绪障碍和认知障碍)中表现出不同程度的异常。总的来说, 本综述首次整合了生物运动情绪加工在机制及临床异常层面的研究证据, 为构建跨刺激类型的社会情绪知觉系统提供了重要基础, 也为相关精神与神经疾病的评估与干预指出了潜在的方向。

关键词 生物运动, 情绪知觉, 面部表情, 自闭症, 精神分裂症

分类号 B842

人是典型的社会性动物。知觉与解读情绪, 有助于我们推断他人的行为意图、探测环境中的潜在威胁, 对于个体的生存、发展和社会交往均具有深远意义。情绪知觉(Emotion Perception)作为基础的社会功能, 是共情、心理理论等高级社会技能发展的基石, 在非言语交流和人际互动中发挥着关键作用(Niedenthal & Brauer, 2012)。面孔是常见的、传递着他人内在情绪状态和意图的非言语社会线索(Frith, 2009)。然而, 当距离较远、面孔线索不可见时, 生物运动(biological motion, BM)线索则扮演了更重要的作用。相较面孔, 生物运动传递的情绪信息具有更强的动作导向性和动态性, 在同伴互动及天敌探测等适应性行为中发挥着独特的作用(de Gelder, 2006)。此外, 由于生物运动的情绪表达依赖各个关节处光点运动的协同变化, 而非瞬时、单一特征, 其情绪加工依赖于个体在时间和空间维度上的特征整合加工。因此, 它也对个体的社会认知水平提出了更高要求, 为研究相关社会认知缺损(如自闭症)提供了一个独特窗口(Foglia et al., 2022)。近年来, 越来越多的研究开始关注生物运动情绪信息的加工及其机制。基于此, 本文将围绕生物运动情绪加工这一主题, 对现有研究证据进行综述, 重点关注其背后的行为与神经机制, 及其在亚临床个体和临床群体中的异常表现, 并对这一研究主题未来的发展方向进行展望。

1 生物运动情绪加工的机制

生物运动即生命体的运动。它是一类重要的社会信号, 传递着其他生命个体的动作和社会信息, 在同伴互动以及天敌探测等适应性社会行为中扮演了重要的角色。与静态的面孔表情(facial expressions)和肢体表情(gesture)不同, 生物运动

收稿日期: 2026-06-08
* 国家自然科学基金(32500927, 82071501), 上海市“超级博士后”激励计划(2024500)和第 77 批博士后面上项目(2025M773453)资助。
通信作者: 孔丽, E-mail: likong@shnu.edu.cn
王莉, E-mail: wangli@psych.ac.cn

主要通过身体构型以及运动模式传递情绪信息。在实验研究中，研究者常采用附着在重要关节处的光点运动序列(point-light display, PLD)考察生物运动情绪信息的加工(Troje, 2008)。昂首挺胸、欢呼雀跃(跳跃性步态、快速的步伐和较大幅度的手臂摆动)往往表现出个体快乐的情绪状态；无精打采、垂头丧气的步态(短且缓慢的步伐及小幅度的手臂摆动)则表现出个体的悲伤情绪；急促奔走的步伐通常表达出个体恐惧的情绪(Halovic & Kroos, 2018; Troje, 2008)。通过这些细微的运动模式变化，人们能够准确地识别出其中的情绪信息。本部分将从生物运动情绪知觉所依赖的视觉信息出发，进一步梳理其行为表现、生理反应与神经机制，并比较其与另一类重要社会情绪线索(面部表情)在加工机制上的关联与差异。

1.1 生物运动情绪信息的视觉表征

生物运动情绪信息的视觉表达主要依赖整体形状(global configuration)与局部运动(local motion)两类关键特征(Tian et al., 2024; Y. Wang et al., 2018)。整体形状主要通过身体各部位的空间构型与骨骼结构，为生物运动提供了明确的动作框架；而局部运动则通过各关节随时间变化的运动学特征(如速度、加速度与幅度)，传递包含重要生命信息的动力学线索(Chang & Troje, 2008; Troje & Westhoff, 2006) (如图 1)。在情绪加工中，整体形状传递出他人的情绪姿态(如回避或接近)，而局部运动则携带着与情绪有关的运动信息，二者在生物运动情绪知觉中承担着不同但互补的功能。以往研究发现，仅凭静态的整体形状信息，个体无法辨别出点光源生物运动的情绪信息(Atkinson et al., 2004)。不过，当形状信息更丰富时，生物运动情绪识别的准确性更高(Atkinson et al., 2007; E. Ikeda et al., 2025)。例如, Atkinson 等(2004)对比点光源刺激和全光源刺激(Full-light display)发现，全光源生物运动刺激中传递出的情绪信息能够被更准确地识别。不过，相较快乐与悲伤，厌恶、愤怒和恐惧的识别对形状信息的依赖更多：当刺激是全光源呈现时，厌恶、愤怒和恐惧的情绪识别准确性更高，而快乐与悲伤的情绪识别准确率在点光源和全光源条件间无差异(Atkinson et al., 2004)。值得一提的是，剥夺了形状信息，仅具有局部运动信息的生物运动刺激依然能够传递一定的情绪信息。前人研究发现，即便生物运动被打乱形状或只保留有手臂运动时，人们仍能对生物运动的情绪进行一定程度的辨别(Pollick et al., 2001; Spencer et al., 2016)，且这一识别局部生物运动情绪的能力在老年人中也存在(Spencer et al., 2016)。然而，当生物运动刺激的运动信息被破坏时(倒置或倒放)，其情绪识别正确率显著下降(Atkinson et al., 2007; Foglia et al., 2022)。

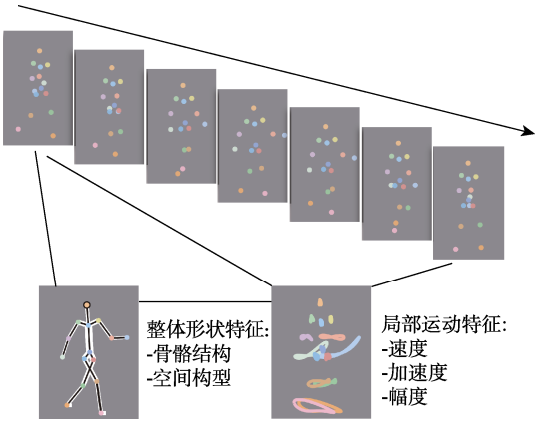


图 1 情绪性生物运动刺激中整体形状特征与局部运动特征的示意图

注：上方为情绪性生物运动在连续时间帧中的变化轨迹；左下为整体形状特征，由各关节在空间上的组织关系所形成的人体骨架结构；右下为各关节的局部运动轨迹，由各个关节的运动所定义。不同颜色的点代表不同关节及其随时间变化的运动轨迹。

我们近期的一项研究采用瞳孔大小这一自动化且客观的指标，探究了生物运动情绪信息的加工机制(Yuan et al., 2024)。瞳孔大小与由蓝斑−去甲肾上腺素(locus coeruleus norepinephrine, LC-NE)介导的自主神经系统的活动有关。它不仅仅与外部物理刺激的强度(如光照、声音)有关，还能够反映内在的认知过程，如注意、想象、工作记忆等(Joshi & Gold, 2020)。与外显的行为指标不同，瞳孔反应不受主观意识的控制，能够客观地反映当下的认知状态，并进一步揭示相关认知加工过程的时间进程(Kloosterman et al., 2015; Oliva & Anikin, 2018)。采用这一指标，研究者对 4 种类型的情绪性生物运动进行了研究：完整生物运动(整体形状特征、局部运动特征兼有)、倒立生物运动(整体形状、局部运动特征均被破坏)、局部生物运动(仅具有局部运动特征)和去加速度生物运动(仅具有整体形状特征)。结果发现，在完整条件下，快乐生物运动诱发了较中性生物运动更大的瞳孔

反应，而悲伤生物运动诱发的瞳孔反应则显著小于中性。这表明，生物运动携带的不同情绪信息能够对瞳孔反应产生不同调节，这一调节与具体的情绪内容(快乐、悲伤)有关。然而，当生物运动刺激倒置时，这一调节消失。这表明，当运动特征和形状特征被破坏时，情绪不能够调节瞳孔反应。此外，当运动特征被破坏时(去加速度生物运动)，情绪特征也不能够影响瞳孔反应。重要的是，仅保留局部运动特征的打乱情绪性生物运动依然可以对瞳孔大小产生调节。并且，与完整生物运动相比，局部生物运动诱发的情绪调节出现得更为快速但相对粗糙。具体而言，快乐和悲伤的局部生物运动都能够从较早的时间点开始，诱发较中性局部生物运动更强的瞳孔反应，而快乐和悲伤之间则没有差异(Yuan et al., 2024)。综上，研究者推断，生物运动情绪加工依赖多水平机制：完整的情绪性生物运动能够对瞳孔大小产生精细的调节，而仅包含局部运动特征的情绪性生物运动则以较快但较为粗糙的、不区分情绪类型的方式对瞳孔大小产生影响。从功能的角度分析，借助局部运动特征传递的情绪信息可能服务于一种快速检测机制。该机制能够自动捕捉由生命体传递的情绪信息，而无需进行详细的分析。而整体形状特征可能揭示个体的身体姿态和空间位置，为情绪识别提供更丰富的线索，从而帮助人们对不同类型的情绪进行更细致的区分。

1.2　生物运动情绪加工的优势效应

基于以上视觉表征，个体能够实现对生物运动所传递的不同情绪内容的知觉与识别。值得注意的是，在生物运动情绪知觉中，不同情绪并非被等同加工，特定情绪的加工会表现出一定优势。然而，关于不同情绪的加工优势，现有研究结果并不一致。部分研究发现，相较于其他情绪的生物运动，快乐的生物运动能够更快被探测和辨别，表现出“快乐优势” (Lee & Kim, 2017; Spencer et al., 2016)。也有研究发现，愤怒的生物运动能够被较快识别，表现出“愤怒优势” (Chouchourelou et al., 2006)。这一不一致可能源于实验范式的差异：早期研究多采用要求被试主动判断情绪类型的主观情绪辨别范式，而后续研究则更多采用考察自动化加工的客观知觉探测范式。下文将分别梳理两类范式下的研究证据，并讨论其结果差异的潜在原因。

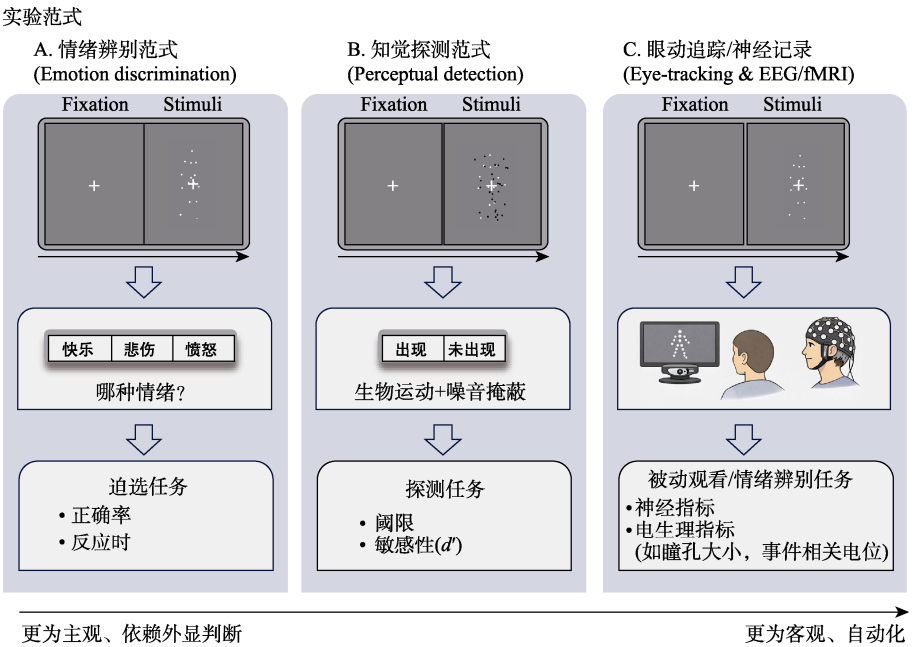


图 2　生物运动情绪研究中常见范式示意图

注：A. 情绪辨别范式：被试观看生物运动刺激后对其情绪类型进行迫选分类(如快乐、悲伤或愤怒)，主要记录反应时和正确率等行为指标。B. 知觉探测范式：生物运动刺激嵌入在噪声点中，被试判断生物运动是否存在，以阈值或敏感性(d')等指标评估探测能力。C. 眼动与神经记录范式：在被动观看或进行情绪辨别任务的同时，记录被试的眼动或神经活动，并进一步比较相关生理和神经指标。

最早，研究者主要采用情绪辨别任务(emotion discrimination paradigm)来考察个体对生物运动情绪信息的加工优势(如图 2A)。在这一范式中，研究者会向被试呈现不同情绪的生物运动刺激，并在刺激呈现后要求被试在给定的选项中进行迫选(如悲伤、快乐、恐惧、愤怒等)(Pollick et al., 2001)。通过比较被试判断不同类别情绪的正确率(correct rate, CR)和反应时(reaction time, RT)，揭示特定情绪的加工优势。例如，Spencer 等(2016)采用该范式考察了年轻人和老年人的生物运动情绪加工特点。研究结果发现，相较愤怒、悲伤的生物运动，快乐的生物运动更容易被探测和辨认，表现出显著的“快乐优势” (Spencer et al., 2016)。采用这一范式的变式, Lee 和 Kim (2017)在屏幕左右各呈现了一个生物运动刺激，其情绪为愤怒、快乐或中性，被试需要判断出现在右侧的刺激是比左侧刺激“更快乐”、“更愤怒”还是“无差异”。研究结果同样发现，快乐生物运动的识别正确率高于愤怒与中性的生物运动(Lee & Kim, 2017)。有趣的是，发展研究提示，在生命发展早期，儿童最先发展出了对快乐生物运动的辨别能力(约 4.5 岁)，而对愤怒(约 5~6 岁)、悲伤(6~7.5 岁)、恐惧(约 9~10 岁)生物运动的情绪识别能力则较晚出现(Riviere et al., 2026)。此外，随着年龄增大，生物运动的“快乐优势”更为显著，具体表现为老年人对消极生物运动的情绪识别能力进一步下降，而对快乐生物运动的识别能力则与年轻人无差异(Spencer et al., 2016)。因此，快乐生物运动的加工优势不仅体现于显性的情绪辨别表现，还体现于其在个体发展进程中的优先性与稳定性。

上述情绪辨别范式能够直接揭示生物运动情绪加工机制，然而这一范式要求被试主动关注或报告情绪信息，容易受到主观因素影响。因此，除了主观情绪辨别以外，研究者还会采用知觉探测任务(perceptual detection paradigm)来考察更为自动化的生物运动情绪加工机制(如图 2B)。具体而言，在这一范式中，研究者通常会在噪声掩蔽(noise mask)中呈现一个情绪性生物运动(快乐、悲伤、愤怒等)，并要求被试判断噪声点中是否存在生物运动。通过比较不同情绪生物运动的敏感性(d')，研究者能够考察生物运动的情绪信息能否被自动化加工，并进一步影响其在噪音中的探测与辨别。这一知觉探测任务更关注个体在未被明确要求进行情绪判断，甚至未意识到情绪信息的情况下，情绪内容对行为或生理指标所产生的自动调制作用。因此，其可能涉及更为自动化的内隐情绪加工模块。Chouchourelou 等(2006)采用这一范式发现，生物运动的情绪显著影响其可探测性：与中性条件相比，愤怒生物运动的探测敏感性更高，同时伴随更高的虚报率(false alarm rate, FA)，表现出一定的“愤怒优势” (Chouchourelou et al., 2006)。H. Ikeda 和 Watanabe (2009)采用类似的范式，在屏幕左右先后呈现一组包含生物运动小人的刺激和一组不包含生物运动小人的刺激，要求被试判断是哪一组刺激中包含生物运动。然而，其研究结果发现，情绪信息不会影响生物运动的探测，即不存在特定情绪的优势效应。随后，Lee 和 Kim (2017)使用 QUEST 自适应程序测量不同情绪生物运动在噪声点中的探测阈限。结果发现，相较于愤怒和中性生物运动，快乐生物运动在噪声背景中更易被检测，表现出“快乐优势”。

上述研究主要采用行为指标，为生物运动情绪加工中存在特定情绪优势提供了重要证据。然而，行为指标受刺激呈现时长和呈现方式等实验参数的影响较大。例如，前人研究发现，快乐生物运动的辨别优势在刺激呈现时间较短时(0.2 s ~ 0.6 s)显著，而当刺激呈现时间较长时，这一优势则会削弱甚至消失(Spencer et al., 2016)。此外，行为反应时和正确率等指标本质上是对情绪加工过程的简化输出，而难以区分和揭示相关过程背后复杂的认知机制与时间进程(如感知、决策、行动)。因此，研究者进一步采用客观而时间敏感的眼动记录技术和神经电生理技术(如脑电)对被试在观看情绪性生物运动时的客观生理和神经反应进行了记录(如图 2C)。例如，Yuan 等(2024)采用被动观看范式结合瞳孔大小这一指标发现，快乐的生物运动能够诱发较中性和悲伤生物运动更强的瞳孔反应，揭示出生物运动情绪加工的“快乐优势” (Yuan et al., 2024)。此外, Ogren 等(2019)在屏幕左右侧分别呈现了快乐−中性、悲伤−中性、愤怒−中性的三种情绪配对的生物运动小人，并要求 10~20 个月大的婴儿对其进行自由观看。研究结果发现，相较中性生物运动，被试对快乐和愤怒生物运动的注视时间更长，而对悲伤生物运动的注视时间则更短。当在屏幕左右呈现快乐−愤怒配对时，二者的注视时长没有差异。这似乎表明，对

于 1~2 岁的婴儿而言, 快乐和愤怒的生物运动均能吸引注意, 且二者之间没有差异, 即“快乐优势”与“愤怒优势”均存在(Ogren et al., 2019)。采用脑电图技术, Missana 和 Grossmann (2015)对婴儿进行了神经记录, 研究结果发现 8 个月的孩子能够对点光源刺激中传递出的情绪信息(恐惧、快乐)表现出不同模式的神经响应：儿童对快乐生物运动表现出更多的接近倾向脑电响应模式(approach), 而对恐惧生物运动表现出更多的回避倾向脑电响应模式(avoidance)(Missana et al., 2015; Missana & Grossmann, 2015)。

总的来说, 以往研究采用主观情绪辨别、客观知觉探测及眼动、电生理技术, 从多个层面考察了生物运动情绪加工的优势效应。研究结果更多地支持了“快乐优势”的存在, 但其受到实验参数与实验任务的影响较大。

1.3　生物运动情绪加工的神经基础

上述研究主要揭示了生物运动情绪信息在行为层面的加工与表现。在此基础上, 一个进一步的问题是, 这些情绪信息如何在大脑中得到编码与整合。现有研究表明, 生物运动情绪加工涉及多个脑区及功能网络, 其中后侧颞上沟(posterior superior temporal sulcus, pSTS)是这一加工过程中的核心节点之一。早期研究发现, 后侧颞叶皮层受损的个体在加工生物运动时会表现出明显障碍, 但对非生物运动的一致性或速度信息的加工仍然相对完好(Cowey & Vaina, 2000)。神经影像研究进一步发现, pSTS 能够特异性加工生物运动。Grossman 等(2000)比较了被试在观看点光源生物运动、非生物一致运动以及平移运动时的脑区激活模式。结果发现, 非生物运动主要激活颞叶中侧(middle temporal, MT), 而生物运动不仅激活 MT, 还特异性地激活右侧 pSTS。这表明 MT 可能参与一般性的运动信息加工, 而 pSTS 可能特异于生物运动加工(Grossman et al., 2000)。此外, 人类 pSTS 对于同类的生物运动激活更强, 而猴子的 pSTS 激活则未表现出这一物种特异性, 表明这一 pSTS 的特异性可能是随着进化发展而来(Cheng et al., 2025)。神经调控研究也提供了进一步证据：当对 pSTS 施加经颅磁刺激干扰(transcranial magnetic stimulation, TMS)时, 被试对正立生物运动的感知敏感度显著下降; 相比之下, 刺激 MT 对生物运动感知产生的影响并不显著(Grossman et al., 2005)。此外, 干扰 pSTS 会选择性损害完整生物运动的知觉, 而不影响局部运动或一般运动加工, 说明其并非参与低级运动检测, 而是专门支持生物运动的整合加工(Xing et al., 2026)。

在情绪加工上, 已有的研究证据几乎一致地发现, 相较中性生物运动, 情绪性生物运动能够在 pSTS 上诱发更强的激活(Alaerts et al., 2014; Atkinson et al., 2012)。更重要的是, pSTS 的激活强度及其与额顶脑区(如前运动皮层、顶下小叶、额下回等)的功能连接强度, 能够预测个体在行为情绪判断任务中的正确率(Alaerts et al., 2014), 这进一步说明了 pSTS 与生物运动情绪加工的紧密关联。神经调控研究则进一步提供了因果性证据：向 pSTS 施加经颅磁刺激会显著削弱生物运动的情绪辨别(Basil et al., 2017), 说明该区域在情绪加工中的重要性。不过, 生物运动情绪加工并非完全依赖 pSTS。部分研究发现, 刺激前顶内沟(anterior intraparietal sulcus, aIPS)会显著影响对恐惧生物运动的情绪判断, 这可能是因为 aIPS 表征了与目标相关的行为信息(Mazzoni et al., 2017)。除了 pSTS 外, 情绪性生物运动还能够激活广泛的脑区网络, 如与动作和意图识别相关的动作观察网络(action observation network, AON)、与心理状态推测有关的心智化网络(mentalizing network)以及与形状和运动加工有关的脑区(Bachmann et al., 2018)。Alaerts 等(2014)发现, 与注视点相比, 观看情绪性的生物运动能够激活包括前运动皮层(premotor cortex, PMC)、额下回(inferior frontal gyrus, IFG)和顶下小叶(inferior parietal lobule, IPL)的动作观察网络, 且这一激活在任务为情绪判断时更显著。采用情绪性社会互动刺激, 研究者还发现情绪社会互动刺激能够激活包括颞顶联合区(temporoparietal junction, TPJ)、内侧前额叶(medial prefrontal cortex, mPFC)等脑区在内的心智化网络(Bachmann et al., 2018; Centelles et al., 2011)。另外, 负责加工形状与运动的脑区, 即纹外身体区(extrastriate body area, EBA)、梭状回身体区(fusiform body area, FBA), 也会对情绪性生物运动表现出更强的激活(Atkinson et al., 2012)。

总的来说, 当前证据表明, 生物运动情绪加工涉及一个分布式脑网络：以 pSTS 为核心的颞叶区域主要负责整合和表征情绪性生物运动, 而动作观察网络(如 aIPS 及相关区域)、心智化网络

等则参与动作理解和行为意义提取。脑区间通过功能连接协同工作，共同支持对他人情绪的准确解读。

1.4 生物运动情绪与面部表情的关联

前文梳理了生物运动情绪加工本身的行为表现与神经基础。一个自然延伸的问题是，这套机制是否为生物运动所特有，还是与其他社会情绪线索所共享？面孔是情绪研究中最为核心和最常见的线索(Frith, 2009)。尽管生物运动与面孔在低水平视觉特征上存在较大差异，二者却具有十分相似且紧密关联的加工机制和神经基础(Bardi et al., 2011; Simion et al., 2011; Thompson & Hardee, 2008)。例如，面孔和生物运动都会表现出生命早期偏好。新生儿会对面孔形状(倒三角形排布)的图案表现出更多的首次注视、更长的注视时长(Macchi Cassia et al., 2004)。他们对生物运动也表现出类似的注视偏好，即相对非生物运动，婴儿更多地注视生物运动(Klin et al., 2009)。此外，人们对面孔与生物运动均会表现出倒置效应，即当生物运动和面孔倒置时，对其辨别、探测的正确率显著下降，反应时显著上升(Chang et al., 2010; Ma et al., 2022; Y. Wang et al., 2022; Yin, 1969)。并且，神经学研究进一步发现，生物运动与面孔加工涉及了重叠的脑区，如颞上沟(STS, superior temporal sulcus)等(Engell & McCarthy, 2013; Grossman et al., 2000; R. Wang et al., 2023)。脑损伤研究则揭示，脸盲症患者也会表现出对生物运动识别的缺损(Lange et al., 2009)。上述研究提示我们，生物运动与面孔的情绪加工可能也具有相似的行为与神经机制，二者以不同视觉特征为基础，服务于同一个社会知觉系统(Simion et al., 2011; Thompson & Hardee, 2008)。

事实上，在情绪加工领域，生物运动与面孔也具有高度相似性。在行为表现上，如前文所述，生物运动情绪加工会表现出一定的快乐优势，即个体对快乐生物运动刺激的识别速度更快、准确性更高(Lee & Kim, 2017; Spencer et al., 2016)。有趣的是，面部表情的加工同样呈现出类似的快乐优势(Becker et al., 2011; Martin et al., 2024)。例如，在视觉搜索任务中，相较于愤怒、悲伤等表情，快乐面孔往往能够更快地被搜索到，并表现出更高的搜索效率(即反应时随干扰项数量增加的斜率更低)。这一优势不仅存在于单目标搜索任务中，在多目标搜索范式下亦表现稳定(Becker et al., 2011)，表明快乐表情在注意捕获和加工效率方面具有普遍优势。进一步的研究还发现，生物运动情绪识别能力与面孔情绪识别能力之间存在显著的相关。具体而言，个体在点光源生物运动情绪识别任务中的准确率，能够显著预测其在静态面孔情绪识别任务中的表现(Actis-Grosso et al., 2015; Alaerts et al., 2011; Isernia et al., 2020)。发展研究则揭示，生物运动情绪识别能力与面孔情绪识别能力几乎在生命同一时期开始出现并发展，二者具有紧密关联(Missana et al., 2015; Missana & Grossmann, 2015)。类似地，采用社会性注意(social attention)范式的研究发现，生物运动与面孔的情绪信息能够对社会性注意产生类似的调节作用：相较于悲伤或中性刺激，快乐的生物运动和面孔能诱发更强的注意偏向(Yuan et al., 2023)。这一结果进一步揭示出生物运动情绪与面孔情绪在功能上的共性。综上，生物运动与面孔刺激在情绪加工过程中可能共享部分认知加工机制，二者具有紧密耦合。

在神经层面，神经影像学研究同样为生物运动与面孔情绪的关联提供了支持证据。首先，核磁研究发现，无论是生物运动情绪刺激还是面孔情绪刺激，均能够在社会认知加工的核心脑区(如颞上沟)诱发更强的神经反应(Atkinson et al., 2012; Bachmann et al., 2018; Zhu et al., 2013)。最近的研究则进一步采用跨类别视觉适应范式，为生物运动与面孔的情绪加工涉及共同的神经表征提供了直接证据(Yuan et al., 2025)。视觉适应是视知觉加工过程中的一种重要机制，它使视觉系统中的神经元能够根据最近刺激经验灵活地调整其反应增益与调谐特性，从而扩展或重塑感知边界，进而应对环境中多样化视觉刺激输入(Webster, 2015)。通过这种动态调节，视觉系统得以在稳定感知与灵活适应之间保持平衡。更重要的是，适应现象的出现通常表明相关属性加工的神经通道响应特性发生了变化，进而反映出该属性加工背后存在着特异性神经元模块(Benda, 2021)。换言之，当特定视觉属性产生稳定的适应效应时，往往意味着该属性的知觉加工依赖于相对独立、具有选择性的神经元群体或功能模块。因此，视觉适应范式常被描述为“心理学家的微电极”，能够通过简单的行为指标揭示知觉加工背后的神经机制。采用

这一技术, 研究者发现, 尽管生物运动与面孔在低水平视觉特征上存在显著差异, 二者之间仍能产生稳定的、双方向的跨类别情绪适应后效。具体而言, 个体在适应了快乐或悲伤的面孔后, 对随后呈现的生物运动刺激的情绪知觉会系统性地偏向相反方向, 即表现出典型的情绪适应后效。同样地, 适应情绪性生物运动刺激, 也会显著影响随后对面部表情的情绪判断(Yuan et al., 2025)。这一跨类别情绪适应现象表明, 生物运动的情绪知觉可能与面孔情绪知觉共享同一神经表征。

值得注意的是, 上述共性并不意味着生物运动情绪与面部表情依赖完全相同的加工机制。二者在情绪信息的视觉载体上存在根本差异：生物运动通过身体整体构型以及关节速度、加速度和运动幅度等运动信息传递情绪, 而面部表情主要通过眼睛、嘴部及面部肌肉构型等形态特征传递情绪。因此, 在早期视觉编码阶段, 二者可能分别依赖独立的生物运动、面孔加工机制(Atkinson et al., 2012; Kawasaki et al., 2012; Xu et al., 2021), 而在较高层级的情绪意义提取阶段才逐渐形成重叠的社会情绪表征。发展研究也提供了类似的启示。生物运动情绪与面部表情识别能力均随儿童年龄增长而逐渐成熟, 并在老年阶段出现一定程度的下降, 提示二者可能具有相似的发展规律(Riviere et al., 2026; Ross et al., 2012)。然而, 两类刺激年龄相关变化背后的知觉基础并不完全一致。相较年轻人, 老年人在生物运动情绪和面部表情识别中的表现均有所下降(Kennedy et al., 2020; Spencer et al., 2016), 但两类刺激的年龄相关损伤可能具有不同的知觉基础。对于生物运动情绪而言, 老年人的识别困难更多与其利用局部运动特征的能力下降有关(Spencer et al., 2016); 而对于面部表情, 年龄相关损伤更多与眼部情绪特征的提取能力下降有关(Fry et al., 2023; Slessor et al., 2013)。性别研究也呈现出类似模式。已有研究发现, 女性在生物运动情绪和面部表情识别中均表现出一定优势(Alaerts et al., 2011; Bek et al., 2022; Hall et al., 2010), 但这种优势可能建立在不同的刺激信息基础之上：女性在面部表情识别中的优势可能与其更有效地利用眼区等诊断性面部信息有关(Hall et al., 2010), 而在生物运动情绪识别中的优势则可能与更高效的基本生物运动及整体运动模式加工有关(Alaerts et al., 2011)。上述研究均表明, 生物运动情绪与面部表情在低层刺激编码上依赖类别特异性的机制, 而在高层级情绪意义知觉上表现出相似的特性。

综上所述, 生物运动作为一类高度简化的动态社会刺激, 尽管其在视觉特征层面与面孔情绪存在显著差异, 但在情绪加工的行为表现与神经机制上与面部表情之间呈现出高度的共性。这启示未来研究将生物运动情绪与面孔情绪作为服务于整体社会情绪知觉系统的两类典型刺激, 通过跨刺激的直接比较设计, 并结合不同的行为范式和多模态神经成像技术, 系统探讨二者在情绪加工机制上的异同。

2　生物运动情绪加工的临床异常

生物运动作为传递情绪信息的重要社会线索, 其加工异常已被发现广泛存在于多种临床疾病中(Okruszek, 2018)。本节将从健康人群中广泛存在的高自闭特质、分裂型特质、焦虑特质等亚临床因素出发, 进一步延伸至自闭症、精神分裂症及其他认知情绪障碍群体, 系统梳理并横向对比不同病理阶段在生物运动情绪信息提取上的特异性缺损及其模式。这一视角将有助于揭示相关社会与认知障碍形成的机制, 也能够为临床上的早期诊断与干预提供理论与实践依据。

2.1　亚临床特质

2.1.1　自闭特质

自闭特质指个体在社会沟通、兴趣范围以及行为模式等方面所呈现的自闭相关特征, 该特征在人群中呈谱系分布, 常采用自闭谱系商数(Autism-Spectrum Quotient, AQ)进行测量(Baron-Cohen et al., 2001; Ruzich et al., 2015)。已有研究发现, 高 AQ 个体在生物运动的探测、辨别任务中表现更差(Miller & Saygin, 2013; Y. Wang et al., 2018)。不过, 也有研究发现, 高 AQ 与低 AQ 被试在基础生物运动知觉任务上的表现类似。但是, 在更为复杂的意义加工任务(如社会互动辨别)上, 高 AQ 被试的表现更差(van Boxtel et al., 2017)。这一结果提示, 自闭特质可能更多地影响生物运动的社会信息提取, 而非单纯的知觉加工。相应地, 在高级的情绪辨别任务上, 研究者也发现, 高 AQ 个体辨别生物运动情绪信息的准确性更低(Actis-Grosso et al., 2015; Blain et al., 2017; Jacob & Alexander, 2023)。这可能源于高 AQ 个体对生

物运动情绪的整体敏感性较低。一方面，采用瞳孔大小指标，有研究发现情绪信息对瞳孔反应的调节效应随着自闭倾向的升高而减弱，表明高 AQ 个体对不同情绪性生物运动的生理反应敏感性降低(Yuan et al., 2024)。另一方面，神经电生理研究揭示，情绪性身体运动通常会诱发更强的 μ-alpha 频率功率抑制以及 beta 频段功率增强，这被认为分别反映了动作表征的激活以及情绪动作信息的整合加工。然而，在高 AQ 个体中，这一情绪调制效应显著减弱，提示其在情绪动作整合与社会意义提取过程中存在神经层面的加工减弱(Siqi-Liu et al., 2018)。总的来说，高 AQ 个体在行为上表现出对生物运动情绪识别能力的降低，这一下降还伴随着生理和神经反应上的削弱。这一模式与面孔研究的发现高度一致。高自闭特质个体在面部表情识别中同样表现出情绪敏感性降低(Poljac et al., 2013)及相关神经反应减弱(Corluka & Laycock, 2024; D. Yang et al., 2022)。因此，自闭特质所影响的或许并非某一特定刺激形式，而是更为广泛的社会情绪加工机制。

2.1.2 分裂型特质

除自闭特质外，分裂型特质同样会影响生物运动情绪加工。分裂型特质(schizotypy)是指在一般人群中连续分布的、低于临床阈值的精神病样认知、情感与行为特征，被视为精神分裂症谱系的亚临床表达。根据经典的三维度模型(Raine et al., 1994)，分裂型特质可进一步划分为认知−知觉维度(cognitive-perceptual，对应异常知觉、奇异信念等阳性表现)、人际维度(interpersonal，对应社交退缩、情感淡漠等阴性表现)和混乱维度(disorganized，对应奇异行为与言语)。在情绪研究中，已有大量证据表明，精神分裂症患者在面孔情绪识别方面存在明显缺陷(Brown & Cohen, 2010; Germine & Hooker, 2011)。近年来，研究者则发现，分裂型特质水平越高，个体生物运动情绪识别的能力越低。尤其是在情绪线索较为细微的情况下，个体表现出更明显的识别困难(Blain et al., 2017)。进一步分析表明，这一情绪识别困难主要与精神分裂谱系中的认知−知觉维度(cognitive-perceptual schizotypy)相关，而与人际维度或混乱维度的关系并不显著。这一结果提示，与异常知觉和妄想倾向相关的认知偏差可能会干扰个体对生物运动中细微情绪线索的提取。

值得注意的是，亚临床分裂型特质中“阳性(认知−知觉)维度相关”的发现，与临床精神分裂症患者中的部分研究结果之间存在一定差异——后者报告阴性症状突出的患者反而表现出更明显的生物运动情绪识别缺损(详见 2.2.2 节)。这一不一致可能反映了阳性与阴性维度通过不同机制影响生物运动情绪加工：阳性维度(异常知觉、妄想倾向)可能特异性地干扰对细微情绪线索的解读与归因，而阴性维度(情感淡漠、社交动机缺失)则可能反映更广泛的社会认知敏感性下降，进而在临床阶段累积出更显著的整体缺损。目前直接考察分裂型特质与生物运动情绪加工关系的研究仍十分有限，且亚临床与临床两个层面的发现尚未在同一研究框架下加以整合。未来研究可以在同一样本中同时测量分裂型特质三维度与精神分裂症阴/阳性症状，澄清不同维度在生物运动情绪加工不同阶段(知觉、注意、决策)中的特异性作用机制，并通过纵向设计追踪其对精神病发病风险的预测效度。

2.1.3 焦虑特质

个体的情绪相关人格特质同样会影响生物运动的加工过程。其中，焦虑特质(trait anxiety)，即个体在较长时间内稳定存在的焦虑倾向，被认为与情绪加工具有显著关联。在面孔研究中，研究者发现，相较低特质焦虑个体，高特质焦虑个体对负性情绪(如恐惧、愤怒)的识别准确性上升(Doty et al., 2013; Ferguson et al., 2022)。然而，也有研究未发现这一现象(Dyer et al., 2022)。在生物运动情绪加工任务中，研究者则发现，高特质焦虑个体与低特质焦虑个体识别不同情绪生物运动时的表现相似，即两组在情绪性生物运动的识别准确率和探测能力上并未表现出显著差异。然而，在中性生物运动的探测任务中，高特质焦虑个体的表现显著弱于低特质焦虑个体，表现为更低的探测准确率和更高的知觉阈值(Lee & Kim, 2018)。这可能是因为，高焦虑个体通常表现出对潜在威胁信息的优先加工倾向，因此，在加工包含情绪线索的生物运动时，其任务表现能够维持在与低焦虑个体相当的水平；而当刺激缺乏明显情绪意义时，这种威胁相关的注意偏向无法发挥作用，从而导致对中性生物运动加工效率的下降。类似的现象在面部表情加工的研究中也有所发现。例如，高特质焦虑个体能够更自动化地加工情绪而

非中性面孔(Chaudhary et al., 2023; Holmes et al., 2009)。总体而言, 这些发现表明, 焦虑特质可能通过调节个体对情绪信息的注意优先级, 影响社会知觉与加工过程。

2.2 临床群体

2.2.1 自闭症

自闭症患者生物运动知觉研究由来已久, 但以往研究大多关注生物运动的基础知觉(如探测、辨别)。例如, 前人研究发现, 与正常儿童相比, 自闭症儿童会表现出对生物运动刺激的兴趣缺乏(Annaz et al., 2012; Klin et al., 2009; Mason et al., 2021)、探测敏感性下降(Blake et al., 2003)、辨别能力受损(Hsiung et al., 2019)等。并且, 这一缺损被认为是特异的: 即自闭症儿童会特异性地表现出对生物运动加工的缺损, 而不会在非生物运动辨别任务(如判断光流的方向)中表现出损伤(Blake et al., 2003)。然而, 也有研究发现自闭症患者在生物运动基础知觉任务上无明显缺损(Murphy et al., 2009; Sotoodeh et al., 2019)。不过, 在任务涉及情绪辨别等更高级的社会认知加工时, 自闭症患者会表现出显著异常(Hubert et al., 2007; Nackaerts et al., 2012; Todorova et al., 2019; van Boxtel et al., 2017)。

最早, Moore 等(1997)通过口头报告范式(verbal report)考察了自闭症患者对生物运动情绪信息的理解。在这一任务中, 研究者会先向被试呈现生物运动视频, 并在视频呈现后要求其完成三类描述任务: (1)描述刚才发生了什么; (2)描述该个体正在从事的行为; (3)描述该个体当前的情绪状态。研究结果发现, 自闭症患者在描述他人动作内容和行为目标时(如举起盒子、踢足球等)表述与对照组一样准确; 然而, 在解读他人情绪状态(如从放慢的步伐或叹气等线索中推断出悲伤情绪)时, 自闭症患者表现明显更差。具体来说, 自闭症患者会更少用情绪词语来描述他人的状态。例如, 对于一段表达“恐惧”情绪的生物运动视频, 自闭症被试可能将其描述为“一个向前走然后又退回去的人”或“一个横着走的人”; 而对于一段表达“愤怒”情绪的刺激视频, 则可能描述为“一个在跳的人” (Moore et al., 1997)。与之类似, Parron 等(2008)也发现, 自闭症儿童在解读情绪信息时受到损伤, 但在描绘动作内容、个体状态和物体运动时与对照组无差异(Parron et al., 2008)。这一对于情绪描述的特异性缺损不仅在自闭症儿童中存在, 在成年自闭症患者中也十分显著(Hubert et al., 2007)。这可能是由于自闭症患者在解读他人较为复杂而精细的高水平社会信息(如情绪)时出现了特定的损伤。值得注意的是, 言语报告任务依赖于被试的自发语言表达能力(Lartseva et al., 2015)。因此, 自闭症患者在生物运动情绪描述任务上的表现下降, 可能是因为他们未能正确感知运动动态特性中所包含的情绪信息(情绪知觉损伤)。然而, 这也可能是因为, 自闭症个体虽然能够知觉到生物运动的情绪, 但却未能将其与恰当的描述性词汇相联系(语义受损)(Lartseva et al., 2015)。因此, 当要求自闭症个体对生物运动刺激进行自发的情绪报告时, 他们便表现得尤为困难。

除了言语报告外, 情绪标签迫选(Forced-choice Emotion Labeling)任务也是一类常见的情绪辨别任务。具体来说, 被试需要观看一些情绪刺激, 随后, 在几种情绪标签中选择最符合该刺激的词语(如悲伤、快乐、恐惧、愤怒等)(Heberlein et al., 2004)。相较言语报告任务, 这一标签迫选任务通过限定反应选项, 降低了言语生成带来的认知负担, 避免由于言语表达能力受限导致的任务表现下降, 更直接地考察与比较自闭症患者对既定情绪类别的辨别与匹配能力(Fridenson-Hayo et al., 2016)。此外, 由于该范式对整体认知水平的要求较低, 低功能自闭症(LFA, low-functioning autism)个体也能够顺利完成任务, 因此有助于更全面地揭示不同功能水平自闭症患者在情绪加工方面的差异与共性。Atkinson (2009)采用该范式发现, 自闭症患者在生物运动情绪分类任务中的正确率显著低于对照组。并且, 这一缺损在愤怒、快乐、厌恶情绪的识别中尤为明显, 而在悲伤与恐惧的识别中不显著(Atkinson, 2009)。进一步, Nackaerts 等(2012)采用情绪迫选判断范式结合眼动记录技术, 探究了自闭症患者的生物运动情绪加工及其眼动模式。研究结果发现, 自闭症患者识别生物运动情绪的反应时比正常人显著更慢, 正确率显著更低, 并表现出更分散的眼动模式(更多的眼动和更短的注视时间)。此外, 任务表现与眼动模式呈显著相关。这反映出, 自闭症患者在生物运动情绪分类与判断过程中的异常可能与其视觉探索策略有关。从神经机制层面来看, 生物

运动情绪加工异常可能与关键社会知觉脑区的功能失调有关。研究表明，自闭症个体在点光生物运动情绪识别任务中表现出准确率下降，同时伴随右后侧颞上沟激活减弱及其与额顶叶动作观察网络之间功能连接降低(Alaerts et al., 2014)。

值得注意的是，部分研究发现，在控制任务难度或个体能力差异后，行为层面的缺损可能减弱甚至消失。例如，尽管高功能和低功能自闭症儿童，在情绪识别准确率上均低于对照组，但这一缺损能够随着年龄和智力水平的提高而有所缓解(Mazzoni et al., 2020)。后续的研究则发现，年龄更大(13~27 岁)的高功能自闭症患者识别生物运动情绪的正确率与正常对照组无差异，但反应时显著变慢(Mazzoni et al., 2022)。这说明，高功能自闭症患者或许能够通过后天学习，习得分辨生物运动情绪的策略。然而，这一策略与对照组并不一样，依赖于自上而下的认知调控，因此，其可能会导致更慢的反应。此外, Krüger 等(2018)发现，即便高功能自闭症个体能够完成对生物运动情绪的评分，但其感知到的情绪强度及其对自身判断的信心均显著低于对照组，提示其在情绪知觉及元认知评估方面仍存在不足(Krüger et al., 2018)。

总的来说，这些研究共同表明，自闭症患者在生物运动线索的情绪加工能力上存在一定的困难，这一缺损可能与其异常的眼动与神经反应有关。此外，发展与个体差异因素(如年龄、智力水平)可能在一定程度上缓解行为表现上的缺损，但其背后仍依赖于代偿性认知策略。

2.2.2 精神分裂症

与自闭症类似，精神分裂症个体(schizophrenia, SCZ)在社会情绪信息加工方面同样表现出显著缺损(Fett et al., 2011)。以往大量研究发现，精神分裂症患者在生物运动基础知觉上存在缺损(Kim et al., 2005; Kim et al., 2011; Kim et al., 2013)。近年来，研究逐渐开始关注精神分裂症患者在生物运动情绪加工中的表现及其潜在机制(Okruszek & Pilecka, 2017)。

研究发现，精神分裂症患者会表现出比健康对照组更低的生物运动情绪识别正确率(Bigelow et al., 2006)，更低的情绪敏感性(Peterman et al., 2014)。值得一提的是，在精神分裂症研究中，研究者常常采用一套标准化的情绪测验(EmoBio：emotion in biological motion)来对精神分裂症患者的生物运动情绪识别能力进行评估(Heberlein et al., 2004)。在这一任务中，被试需要对生物运动刺激进行情绪分类(如快乐、愤怒、中性等)。但与传统评分方法不同，该任务依据正常对照组的反应分布对被试答案进行加权评分。具体而言，每一种反应的得分取决于其在参照群体中的出现比例，并以平均值为基准进行标准化。例如，当某一刺激在参照组中被 50%的人判断为“快乐”、40%为“愤怒”、10%为“中性”时，被试回答“快乐”得 1.0 分，“愤怒”得 0.8 分，“中性”得 0.2 分，其余未被选择的情绪类别得 0 分。这种计分方法能够更细致地反映个体对情绪信息的加工程度，而非仅仅区分是否完全正确，因而能够更敏感地捕捉临床群体的细微知觉偏差。研究发现，这一范式具有良好的区分度，生态效度高，不易受练习效应的影响，重测信度高于简单的生物运动知觉范式(Kern et al., 2013)。

采用这一范式，Henry 等(2010)发现，精神分裂症患者对生物运动中恐惧情绪的识别表现出特异性缺损，但对其他情绪(悲伤、快乐、愤怒)的识别与健康对照组类似(Henry et al., 2010)。这一恐惧情绪识别缺损在面部表情识别中也存在，这可能源于精神分裂症患者杏仁核功能的异常。具体而言，精神分裂症患者的杏仁核会对中性与恐惧刺激表现出过激活(hyperactivation)，这可能会降低患者对真实威胁信号的区分能力(Mewton et al., 2025; Morris et al., 2009)。后续的研究则发现，精神分裂症患者在其他情绪生物运动的识别上也会出现轻度损伤(Kern et al., 2013; Vaskinn et al., 2016)，但只有其对恐惧情绪的识别能力能够显著预测其功能性预后(FO, functional outcome) (Brittain et al., 2012)。Engelstad 等(2017)则采用 EmoBio 范式结合 MATRICS 共识认知成套测验(MATRICS Consensus Cognitive Battery, MCCB)、社会功能量表(Social Functioning Scale, SFS)、人际问题解决技巧评估(Assessment of Interpersonal Problem-Solving Skills, AIPSS)、阳性与阴性症状量表(Positive and Negative Syndrome Scale, PANSS)等对精神分裂症患者的生物运动情绪知觉能力、神经认知能力、社会功能及其阳性和阴性症状进行了综合评估。研究结果发现，精神分裂症患者生物运动情绪识别上的缺损主要影响个体的信息整

合能力(如思维组织和注意控制), 进而影响其功能性预后。值得注意的是, 精神分裂症患者和高功能自闭症患者在生物运动情绪识别任务上表现出相似程度的缺损。这种相似性在阴性症状突出群体中尤为显著, 而在妄想症状群体中相对较弱(Couture et al., 2010)。这一模式与 2.1.2 节讨论的双机制假说相一致：阴性维度(情感淡漠、社交动机缺失)可能反映更广泛的社会认知敏感性下降, 因而与自闭症的核心社会认知缺损在表型上更为接近; 而阳性维度(妄想、异常知觉)则可能通过另一条相对独立的路径影响对生物运动情绪线索的解读与归因, 因此与自闭症的表型重叠相对较弱。结合 fMRI 技术, 研究者则发现, 精神分裂症患者在生物运动情绪加工上的缺损可能与异常的脑活动模式有关。这一异常主要体现在颞上沟等社会知觉区域及杏仁核等情绪相关区域的激活异常, 以及二者之间的功能连接受损(Jimenez et al., 2018)。

总体而言, 精神分裂症患者在生物运动情绪识别能力上表现出稳定的缺损, 这一缺损在恐惧等威胁相关情绪的识别上尤为显著, 且与个体的社会功能受损相关。从机制上看, 这一异常可能源于杏仁核以及颞上沟等社会知觉区域与情绪网络之间的功能连接受损。此外, 精神分裂症患者和自闭症患者在生物运动情绪加工上表现出一定的表型重叠, 但重叠的程度可能因症状维度而异。这提示未来研究者可以进一步从共病与连续谱视角出发, 探讨两者在生物运动情绪加工中的异同及其潜在机制。

2.2.3　情绪与认知障碍

情绪障碍患者(如抑郁症、双相情感障碍)在生物运动情绪知觉过程中会表现出一定的知觉偏差。在抑郁症患者中, 这一偏差通常表现为对负性刺激的知觉增强, 对正性刺激的知觉削弱。具体而言, 抑郁症患者在识别正性和中性生物运动时表现较差(Grzelak et al., 2025; Loi et al., 2013), 而对负性生物运动(如悲伤)的识别则存在过度归因或强化倾向(Kaletsch et al., 2014)。这一模式与抑郁症患者在面孔情绪识别、声音情绪识别中普遍存在的负性认知偏差一致(Fieker et al., 2016; Leppänen et al., 2004), 说明抑郁症状会以类似的方式对不同类型的情绪性社会线索的加工产生影响。在双相情感障碍患者中, 生物运动情绪加工则表现出整体性的缺损, 即患者在不同类别情绪(正性与负性)上的识别能力均有所下降, 但并未表现出类似抑郁症中的负性偏差(Vaskinn et al., 2017)。此外, 这种情绪加工缺陷与当前情绪状态(抑郁或躁狂症状)之间并无显著关联, 提示其可能是一种相对稳定的特质性损害。

除了情绪障碍外, 认知障碍患者在生物运动情绪加工上也会表现出一定缺损。研究发现, 阿尔茨海默病患者(Alzheimer's disease, AD)在生物运动情绪识别方面表现出显著缺损(Henry et al., 2012; Insch et al., 2015), 而轻度认知障碍(mild cognitive impairment, MCI)个体则未表现出类似问题(Henry et al., 2012)。值得注意的是, 在面孔情绪识别任务上, 无论是 AD 还是 MCI 均表现出一定程度的缺损(Henry et al., 2012)。这一结果提示, 面孔情绪加工与生物运动情绪加工之间可能存在一定的分离。此外, 生物运动情绪识别能力可能与疾病进展密切相关, 并有潜力作为临床指标用于预测和区分认知障碍的不同阶段(MCI、AD)。

综合上述亚临床特质个体与临床群体的研究可以发现, 生物运动情绪加工异常并非表现为单一、同质的情绪识别能力下降, 而是在不同群体中表现出特异性缺损(详见表 1)。首先, 自闭症及高自闭特质个体主要表现为对生物运动情绪信息整体敏感性的降低, 并伴随生理和神经反应的减弱, 表明其异常可能更多涉及社会情绪信息的提取与整合。精神分裂谱系则呈现出更为复杂的模式：较高的认知−知觉型分裂特质主要与细微情绪线索的识别困难有关, 而临床精神分裂症患者的识别损伤在恐惧等威胁相关情绪中尤为突出, 并受到阳性、阴性症状维度的不同影响。此外, 高焦虑特质与抑郁症个体更多表现为情绪信息加工的选择性偏向, 而非一致性的整体能力下降。双相情感障碍和阿尔茨海默病等群体则更多表现为广泛的情绪识别能力下降。由此可见, 不同群体中的生物运动情绪加工异常可能涉及不同层面认知能力(如社会知觉、情绪归因、认知控制)的改变。未来研究有必要在统一的实验范式下直接比较不同亚临床特质与临床群体, 并结合共病特征、疾病阶段及神经机制, 系统考察不同病种之间生物运动情绪缺损的异同和机制, 从而建立更加精细的跨诊断生物运动情绪加工模型。

表 1 生物运动情绪加工在异常人群中的表现及其发现

临床群体	文献	年龄群体	样本	实验范式	任务描述	指标	主要结果
自闭症	Moore et al., 1997	儿童、青少年	ASD/HC	言语命名范式	描述生物运动的动作及情绪	准确率	ASD 组情绪描述能力更差
	Parron et al., 2008	儿童、青少年	ASD/HC	言语命名范式	描述生物运动的动作及情绪	准确率	ASD 组情绪描述能力更差
	Hubert et al., 2007	成人	ASD/HC	言语命名范式	描述生物运动的动作及情绪	准确率	ASD 组情绪描述能力更差
	Atkinson, 2009	成人	ASD/HC	情绪判断任务	对生物运动情绪进行分类	准确率	ASD 组情绪识别更差; 这一缺损可能与基础运动识别能力相关
	Nackaerts et al., 2012	成人	ASD/HC	情绪判断任务	比较两个生物运动的情绪+眼动记录	准确率、反应时、扫视次数、注视时长	ASD 组情绪识别准确率更低; 异常眼动(更多扫视、较短注视)与表现下降相关
	Alaerts et al., 2014	成人	ASD/HC	情绪判断任务	比较两个生物运动的情绪	准确率、反应时、pSTS 激活	ASD 组准确率显著降低; pSTS 激活及其与额顶叶区域的功能连接强度存在组间差异
	Mazzoni et al., 2020	儿童	高功能 ASD/低功能 ASD/HC	情绪判断任务	对生物运动情绪进行分类	准确率、反应时	ASD 组准确率更低; 该缺损在一定程度上可被年龄和智商所弥补
	Mazzoni et al., 2022	成人、青少年	高功能 ASD/HC	情绪判断任务	对生物运动情绪进行分类	准确率、反应时	准确率无显著差异; ASD 组反应时更慢
	Krüger et al., 2018	成人	高功能 ASD/HC	情绪判断任务	对生物运动的情绪效价及强度进行评分, 并对该评分的信心进行打分	情绪评分、信心评分	ASD 组对情绪强度的评分更低、信心更低
精神分裂症	Bigelow et al., 2006	成人	SCZ / HC	情绪判断任务	对生物运动情绪进行分类	准确率	SCZ 组准确率更低
	Peterman et al., 2014	成人	SCZ / HC	情绪判断任务	对生物运动情绪进行分类	敏感性(d')、反应偏向	SCZ 组情绪识别敏感性显著降低; 提高情绪信号强度可改善患者表现
	Henry et al., 2010	成人	SCZ / HC	EmoBio	对生物运动情绪进行分类	加权平均分	SCZ 患者对恐惧生物运动的情绪识别表现出特异性缺陷
	Brittain et al., 2012	成人	SCZ / HC	EmoBio	对生物运动情绪进行分类	加权平均分、RFS 量表	SCZ 患者的情绪识别准确性显著降低; 仅恐惧情绪识别能力与功能结局相关
	Kern et al., 2013	成人	SCZ / HC	EmoBio	对生物运动情绪进行分类	准确率	SCZ 组整体情绪识别准确率更低
	Vaskinn et al., 2016	成人	SCZ / HC	EmoBio	对生物运动情绪进行分类	加权平均分	SCZ 患者的情绪识别准确性显著降低
	Engelstad et al., 2017	成人	SCZ / HC	EmoBio	对生物运动情绪进行分类	加权平均分、PANSS 症状评分	SCZ 患者的情绪识别准确性显著降低; 这一缺损会由混乱症状介导, 间接影响功能结局
	Jimenez et al., 2018	成人	SCZ / HC	EmoBio	对生物运动情绪进行分类+fMRI 记录	加权平均分、BOLD 信号、功能连接	行为无组间差异; 神经活动上, SCZ 患者 pSTS 激活降低且功能连接异常

续表

临床群体	文献	年龄群体	样本	实验范式	任务描述	指标	主要结果
自闭症和精神分裂症	Couture et al., 2010	成人	SCZ/高功能自闭症/HC	EmoBio	对生物运动情绪进行分类	加权平均分	SCZ 组和高功能 ASD 情绪识别准确性均低于对照组，但 SCZ 与高功能 ASD 无差异
抑郁症	Loi et al., 2013	成人	cMDD/rMDD/HC	情绪判断任务	对生物运动情绪进行分类	准确率	抑郁症患者识别快乐情绪的准确率显著更差
	Kaletsch et al., 2014	成人	MDD/HC	情绪评分任务	对生物运动情绪的效价、强度和自己的信心打分	效价评分/强度评分/信心	抑郁症患者对消极情绪的效价评分更负性、强度更强、信心更高
	Grzelak et al., 2025	成人	cMDD/rMDD/HC	情绪判断任务	对生物运动情绪进行分类	准确率	抑郁症症状较重患者识别中性情绪的准确率显著更差
双相情感障碍	Vaskinn et al., 2017	成人	BD-I/BD-II/HC	EmoBio	对生物运动情绪进行分类	加权平均分	双相患者识别各类情绪的准确率均显著更差；这一下降与当前的症状程度无关。
认知障碍	Henry et al., 2012	成人	AD/MCI/HC	情绪判断任务	对生物运动情绪进行分类	准确率	在生物运动情绪识别任务中，MCI 患者正确率与对照组无差异，但 AD 患者正确率显著下降；在面部表情识别任务中，MCI 患者与 AD 患者均显著下降
	Insch et al., 2015	成人	AD/HC	情绪判断任务	对生物运动情绪进行分类	准确率	AD 患者情绪识别准确率整体下降

注：ASD (autism spectrum disorder)，自闭症谱系障碍；HC (healthy controls)，健康对照；SCZ(schizophrenia)，精神分裂症；cMDD (current major depressive disorder)，当前重性抑郁障碍；rMDD (remitted major depressive disorder)，缓解期重性抑郁障碍；MDD (major depressive disorder)，重性抑郁障碍；BD-I (bipolar disorder type I)，I 型双相情感障碍；BD-II (bipolar disorder type II)，II 型双相情感障碍；AD (Alzheimer's disease)，阿尔茨海默病；MCI (mild cognitive impairment)，轻度认知障碍；pSTS (posterior superior temporal sulcus)，后侧颞上沟；EmoBio (Emotional Biological Motion task)，生物运动情绪识别任务；RFS (Role Functioning Scale)，角色功能量表；PANSS (Positive and Negative Syndrome Scale)，阳性与阴性症状量表；BOLD (blood-oxygen-level dependent signal)，血氧水平依赖信号；fMRI (functional magnetic resonance imaging)，功能性磁共振成像。

3　总结与展望

本文系统性综述了生物运动情绪加工的相关研究，并从机制与异常方面对该领域的研究进展进行了整合。生物运动作为一种动态、简化且重要的社会线索，为理解人类情绪知觉与社会认知提供了独特视角。已有研究发现，不同情绪的生物运动加工呈现出一定的差异，主要表现为“快乐优势”效应，但这一效应受到任务范式、刺激特性等多重因素的调节。尽管生物运动与面孔在低水平特征上存在显著差异，二者在行为表现与神经机制上却高度趋同，提示大脑中可能存在一套共享的“社会情绪知觉系统”，用于整合不同来源的社会情绪信息。此外，生物运动情绪加工受到亚临床特质(自闭特质、焦虑特质等)的调节，并在自闭症、精神分裂症及情绪与认知障碍等临床群体中呈现出不同程度、不同性质的异常。这些发现使生物运动情绪加工不仅成为理解正常社会认知的重要窗口，也为揭示不同精神与神经疾病的特异性社会认知机制提供了关键线索。基于以上证据，本文进一步从研究范式与方法、多维社会属性的整合机制、跨刺激社会情绪知觉系统三个方向，展望该领域未来的可能突破点及其临床应用。

3.1　研究范式与方法的拓展

当前生物运动情绪研究多依赖主观的情绪判断与识别任务(如言语报告、情绪辨认等)。这类外显任务易受被试言语能力、一般认知能力及反应

策略的影响，可能干扰对情绪加工本身的测量。相比之下，内隐、自动化的情绪知觉过程反映了个体先天的、无法习得的情绪加工能力，能够更敏感地探测个体差异和社会认知障碍。例如，Kana等(2016)发现，相较外显的情绪辨别任务，自闭症患者在自动化情绪加工任务中会表现出显著更弱的颞上回激活及脑区间的功能连接(Kana et al., 2016)。未来研究可更多采用被动的、不涉及主观情绪评价的行为范式及神经电生理技术，对生物运动情绪信息的加工机制进行直接探究。尤其考虑到临床疾病常伴随认知功能受损，且更易出现疲劳和任务依从性下降，被动观看等内隐范式及神经生理指标能够降低任务要求，提高在临床群体中的可实施性。在此基础上，认知计算建模也为分离情绪加工的不同子过程提供了有效工具。例如，漂移扩散模型(drift diffusion model, DDM)可结合选择反应及其反应时分布，估计证据积累速率(drift rate, *v*)、决策边界(boundary separation, *a*)、起始偏向(starting point, *z*)及非决策时间(non-decision time, *t*)等参数，从而区分社会情绪加工差异究竟来源于感知信息质量、决策谨慎程度、先验反应偏向还是刺激编码及反应执行过程。面部表情研究发现，情绪面孔的加工优势可同时表现为更快的证据累积和更短的非决策时间(Sawada et al., 2022)；面孔倒置则会降低情绪识别过程中的证据累积效率，且这一参数变化与N170 等神经响应信号存在关联(Y.F. Yang et al., 2020)。然而，目前对于生物运动情绪加工计算机制的探索仍较为缺乏，不同异常行为表现背后的具体认知来源也尚不清晰。因此，引入 DDM 等计算模型，不仅有助于进一步厘清生物运动情绪加工的潜在认知机制，也可用于区分不同临床群体表面相似行为缺损背后的不同认知来源，为跨诊断机制比较提供量化依据。此外，除了情绪本身的识别与探测外，情绪信息还可能进一步影响其他认知过程。例如，快乐生物运动相较于中性和悲伤生物运动能够诱发更强的社会性注意效应(Yuan et al., 2023; Yuan et al., 2027)。未来研究可以进一步探究生物运动情绪信息对其他认知过程(如时间知觉、工作记忆)的调节，考察情绪信息在其他认知过程中的功能(Droit-Volet & Meck, 2007; Schweizer et al., 2019; Yuan et al., 2026)。最后，当前研究多以单一主体或静态任务为主，难以充分反映现实情境中的动态互动过程。借助虚拟现实技术，未来研究可在更具生态效度的情境下考察个体如何利用他人动作信息进行情绪理解与行为预测，从而进一步揭示其内在机制。

3.2 多维社会属性的整合机制

除了情绪信息外，生物运动还能够传递性别(Pollick et al., 2005)、身份(Troje et al., 2005)、吸引力(Thaler et al., 2020)、社会地位(Schmitt & Atzwanger, 1995)等多维度的社会信息，且这些信息之间存在相互影响。例如，性别能够影响情绪识别：男性步态中愤怒情绪的识别正确率更高，女性步态中恐惧情绪的识别更佳(Halovic, 2023)。反之，情绪也会影响性别判断：愤怒动作更容易被判断为男性，悲伤动作更容易被判断为女性(Johnson et al., 2011)。生物运动情绪信息还可与方向信息产生交互，共同指导“社会性注意”行为。我们近期的一项行为研究显示，生物运动中的快乐情绪能够与行走方向信息发生交互，增强反射性注意定向(Yuan et al., 2023)。采用功能性磁共振技术结合表征相似性分析方法(representational similarity analysis, RSA)，研究者进一步发现生物运动朝向、性别与情绪状态的神经编码受层级结构支配：较低层的属性(如方向与性别)会调制较高层社会属性(如情绪)的神经表征(R. Wang et al., 2023)。不过，也有研究在舌回、中央前回等区域观察到情绪与朝向之间呈现竞争而非协同关系(Liu et al., 2025)，提示多属性整合可能因脑区而异。总体而言，生物运动的不同社会属性并非彼此孤立，而是嵌入在一个相互作用的多属性社会知觉系统之中。然而，当前研究对于多维属性整合的时间动态过程仍缺乏深入探讨。未来研究可借助时间分辨率更高的方法(如 MEG、高密度EEG)及多属性可控的刺激集，系统揭示不同社会属性在生物运动加工中的动态连接机制。此外，考虑到异常人群在高水平社会认知能力上存在普遍缺损，且这一缺损可能并非单纯表现为某一种社会属性加工能力的下降，而是不同社会信息之间整合方式的改变，例如社会情绪信息与方向、身份或性别信息之间的异常整合。因此，从单一属性加工转向多维社会属性整合，也可能为理解不同群体社会认知异常的形成机制提供新的视角。

3.3 跨刺激社会情绪知觉系统

人际互动中，个体往往需要同时整合来自面

孔、生物运动、声音等多种社会线索的情绪信息(Schirmer & Adolphs, 2017), 以形成对他人情绪状态的整体推断。当前研究证据表明, 生物运动情绪和面部表情作为两类重要的社会情绪刺激, 虽然在低水平特征和情绪表达方式上存在差异, 但二者在行为表现、加工机制及临床缺损上呈现出一定的共性。首先, 在行为层面, 生物运动与面部表情均表现出一定的快乐情绪加工优势(Becker et al., 2011; Calvo & Beltrán, 2013; Lee & Kim, 2017; Leppänen & Hietanen, 2004; Spencer et al., 2016), 且个体的生物运动情绪识别能力与面部表情识别能力存在显著关联(Actis-Grosso et al., 2015; Alaerts et al., 2011; Henry et al., 2012; Isernia et al., 2020)。其次, 结合生物运动情绪研究中局部运动信息与整体构型信息的不同功能(Yuan et al., 2024), 以及面部表情加工领域的双通路研究(LeDoux, 2003; Senju & Johnson, 2009), 可以推测, 不同社会情绪刺激可能具有相似的层级化加工过程, 即早期快速、相对粗略的情绪检测过程及较慢但更加精细的情绪类别表征。更重要的是, 视觉适应研究发现, 生物运动情绪与面部表情间能够产生双向的、跨类别的情绪适应后效, 表明二者的情绪知觉可能具有共同的神经表征(Yuan et al., 2025)。此外, 亚临床及临床群体在生物运动情绪知觉和面部表情加工上往往呈现出相似的异常模式, 这提示临床群体的社会情绪知觉异常可能并非局限于某一种刺激类别, 而可能涉及更高层的社会情绪加工机制。基于这些证据, 我们推断, 不同类型的社会情绪刺激可能并非依赖彼此完全独立的加工系统, 而是共享一套“跨刺激社会情绪知觉系统”。在较低加工阶段, 不同刺激主要依赖各自的视觉特征完成信息编码; 随着加工深入, 其情绪意义逐渐汇聚到共享的社会情绪表征系统中, 从而形成相对独立于具体刺激形式的他人情绪状态表征。因此, 该系统能够跨越具体刺激形式, 从面孔、身体运动等不同社会线索中提取其所传递的高层情绪意义, 并将其转化为相对抽象的社会情绪表征, 从而支持对他人情绪状态的整体理解(如图 3)。

除了生物运动与面孔外, 其他的社会线索(如嗓音)也能够传递情绪信息。已有研究发现面部表情可对人声的情绪知觉产生适应后效(Pye & Bestelmeyer, 2015; Skuk & Schweinberger, 2013),

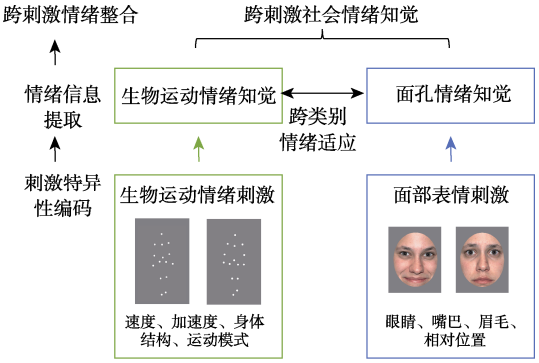


图 3　跨刺激社会情绪知觉的层级加工框架。生物运动与面部表情在低层视觉特征编码阶段具有刺激特异性, 而随着情绪信息的提取与整合, 两类刺激表现出跨刺激共享的情绪表征。

情绪声音(如笑声)也能够反过来影响面孔的情绪加工(X. Wang et al., 2017), 且这一跨刺激的情绪适应主要涉及大脑中的 pSTS 区域(Choo et al., 2025; Watson et al., 2014)。但生物运动与其他社会线索(如嗓音)之间是否存在类似关联仍不清楚。有趣的是, 这种跨类别共享并非普遍存在。情绪场景图片不能够诱发情绪适应后效(Palumbo et al., 2017), 情绪场景与面部表情之间(Fox & Barton, 2007)、非社会性情绪声音(如音调变化)与面部表情间亦不能发生跨类别适应(X. Wang et al., 2017)。这些结果提示, 跨类别情绪表征可能具有社会特异性, 即仅存在于直接指向他人内部状态、具有生物意义的社会线索之间, 而不能推广到非生物的情绪场景图片或音调上。这一特异性可能源于社会线索在进化与功能层面的特殊地位(Calder et al., 2011)。基于此, 未来研究可进一步探究情绪性生物运动刺激与其他类型的社会线索(例如嗓音)和非社会线索(例如场景)间能否产生跨类别适应, 以进一步厘清跨类别表征的边界与机制。另一个值得思考的问题是, 多线索整合中各线索的相对权重如何分配。以往研究在躯体表情(body emotion)和面部表情冲突条件下进行探索发现, 当二者不一致时, 人们会更关注面部表情(更长的注视时间、更多的注视次数), 整体情绪解读也更偏向面部表情(Kret et al., 2013)。后续研究发现, 面孔与身体情绪信息的整合是一个分阶段的动态过程: 早期阶段躯体情绪可能占据优势, 中晚期阶段则受到注意分配的调节(Gu et al., 2013)。目前关于生物运动与面孔、声音等社会线

索的情绪整合的研究仍较为有限(Puffet et al., 2025)。未来研究可以结合计算建模等方法，系统探讨不同社会线索在情绪加工中的动态权重分配及其内在机制，从而更全面地理解人类如何在复杂社会环境中整合多源情绪信息。此外，这一跨刺激的社会情绪知觉也为理解不同临床与亚临床群体的社会情绪加工异常提供了新的理论视角。当前研究多分别考察患者对生物运动、面部表情或声音情绪的加工，而较少在同一实验框架下直接比较不同社会情绪线索。未来研究可进一步考察自闭症、精神分裂症及情绪障碍等群体中的异常究竟局限于某一刺激类别，还是存在于更高层级的跨刺激社会情绪表征，从而系统揭示跨刺激社会情绪表征异常的跨诊断共性与疾病特异性，进一步建立跨刺激、跨群体的社会情绪加工模型。

参考文献

Actis-Grosso, R., Bossi, F., & Ricciardelli, P. (2015). Emotion recognition through static faces and moving bodies: A comparison between typically developed adults and individuals with high level of autistic traits. *Frontiers in Psychology*, *6*, 1570. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.01570

Alaerts, K., Nackaerts, E., Meyns, P., Swinnen, S. P., & Wenderoth, N. (2011). Action and emotion recognition from point light displays: An investigation of gender differences. *PLoS One*, *6*(6), e20989. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0020989

Alaerts, K., Woolley, D. G., Steyaert, J., Di Martino, A., Swinnen, S. P., & Wenderoth, N. (2014). Underconnectivity of the superior temporal sulcus predicts emotion recognition deficits in autism. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, *9*(10), 1589−1600. https://doi.org/10.1093/scan/nst156

Annaz, D., Campbell, R., Coleman, M., Milne, E., & Swettenham, J. (2012). Young children with autism *spectrum* disorder do not preferentially attend to biological motion. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, *42*(3), 401−408. https://doi.org/10.1007/s10803-011-1256-3

Atkinson, A. P. (2009). Impaired recognition of emotions from body movements is associated with elevated motion coherence thresholds in autism spectrum disorders. *Neuropsychologia*, *47*(13), 3023−3029. https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2009.05.019

Atkinson, A. P., Dittrich, W. H., Gemmell, A. J., & Young, A. W. (2004). Emotion perception from dynamic and static body expressions in point-light and full-light displays. *Perception*, *33*(6), 717−746. https://doi.org/10.1068/p5096

Atkinson, A. P., Tunstall, M. L., & Dittrich, W. H. (2007). Evidence for distinct contributions of form and motion information to the recognition of emotions from body gestures. *Cognition*, *104*(1), 59−72. https://doi.org/10.1016/j.cognition.2006.05.005

Atkinson, A. P., Vuong, Q. C., & Smithson, H. E. (2012). Modulation of the face- and body-selective visual regions by the motion and emotion of point-light face and body stimuli. *NeuroImage*, *59*(2), 1700−1712. https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2011.08.073

Bachmann, J., Munzert, J., & Krüger, B. (2018). Neural underpinnings of the perception of emotional states derived from biological human motion: A review of neuroimaging research. *Frontiers in Psychology*, *9*, 1763. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.01763

Bardi, L., Regolin, L., & Simion, F. (2011). Biological motion preference in humans at birth: Role of dynamic and configural properties. *Developmental Science*, *14*(2), 353−359. https://doi.org/10.1111/j.1467-7687.2010.00985.x

Baron-Cohen, S., Wheelwright, S., Skinner, R., Martin, J., & Clubley, E. (2001). The autism-spectrum quotient (aq): Evidence from asperger syndrome/high-functioning autism, males and females, scientists and mathematicians. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, *31*(1), 5−17. https://doi.org/10.1023/a:1005653411471

Basil, R. A., Westwater, M. L., Wiener, M., & Thompson, J. C. (2017). A causal role of the right superior temporal sulcus in emotion recognition from biological motion. *Open Mind*, *2*(1), 26−36. https://doi.org/10.1162/opmi_a_00015

Becker, D. V., Anderson, U. S., Mortensen, C. R., Neufeld, S. L., & Neel, R. (2011). The face in the crowd effect unconfounded: Happy faces, not angry faces, are more efficiently detected in single- and multiple-target visual search tasks. *Journal of Experimental Psychology: General*, *140*(4), 637−659. https://doi.org/10.1037/a0024060

Bek, J., Donahoe, B., & Brady, N. (2022). Feelings first? sex differences in affective and cognitive processes in emotion recognition. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *75*(10), 1892−1903. https://doi.org/10.1177/17470218211064583

Benda, J. (2021). Neural adaptation. *Current Biology*, *31*(3), R110−R116. https://doi.org/10.1016/j.cub.2020.11.054

Bigelow, N. O., Paradiso, S., Adolphs, R., Moser, D. J., Arndt, S., Heberlein, A., Nopoulos, P., & Andreasen, N. C. (2006). Perception of socially relevant stimuli in schizophrenia. *Schizophrenia Research*, *83*(2−3), 257−267. https://doi.org/10.1016/j.schres.2005.12.856

Blain, S. D., Peterman, J. S., & Park, S. (2017). Subtle cues missed: Impaired perception of emotion from gait in relation to schizotypy and autism spectrum traits. *Schizophrenia Research*, *183*, 157−160. https://doi.org/10.1016/j.schres.2016.11.003

Blake, R., Turner, L. M., Smoski, M. J., Pozdol, S. L., & Stone, W. L. (2003). Visual recognition of biological

motion is impaired in children with autism. *Psychological Science*, *14*(2), 151−157. https://doi.org/10.1111/1467-9280.01434

Brittain, P. J., ffytche, D. H., & Surguladze, S. A. (2012). Emotion perception and functional outcome in schizophrenia: The importance of negative valence and fear. *Psychiatry Research*, *200*(2−3), 208−213. https://doi.org/10.1016/j.psychres.2012.07.027

Brown, L., & Cohen, A. (2010). Facial emotion recognition in schizotypy: The role of accuracy and social cognitive bias. *Journal of the International Neuropsychological Society*, *16*(3), 474−483. https://doi.org/10.1017/s1355617710000007x

Calder, A., Rhodes, G., Johnson, M., & Haxby, J. (Eds.). (2011). *The Oxford Handbook of Face Perception*. Oxford University Press. https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780199559053.001.0001

Calvo, M. G., & Beltrán, D. (2013). Recognition advantage of happy faces: Tracing the neurocognitive processes. *Neuropsychologia*, *51*(11), 2051−2061. https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2013.07.010

Centelles, L., Assaiante, C., Nazarian, B., Anton, J.-L., & Schmitz, C. (2011). Recruitment of both the mirror and the mentalizing networks when observing social interactions depicted by point-lights: A neuroimaging study. *PLoS One*, *6*(1), e15749. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0015749

Chang, D. H. F., Harris, L. R., & Troje, N. F. (2010). Frames of reference for biological motion and face perception. *Journal of Vision*, *10*(6), 22. https://doi.org/10.1167/10.6.22

Chang, D. H. F., & Troje, N. F. (2008). Perception of animacy and direction from local biological motion signals. *Journal of Vision*, *8*(5), 3. https://doi.org/10.1167/8.5.3

Chaudhary, S., Zhang, S., Zhornitsky, S., Chen, Y., Chao, H. H., & Li, C.-S. R. (2023). Age-related reduction in trait anxiety: Behavioral and neural evidence of automaticity in negative facial emotion processing. *NeuroImage*, *276*, 120207. https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2023.120207

Cheng, Y., Xin, Y., Lu, X., Yang, T., Ma, X., Yuan, X., Liu, N., & Jiang, Y. (2025). Shared and unique neural codes for biological motion perception in humans and macaque monkeys. *Advanced Science*, *12*(18), 2411562. https://doi.org/10.1002/advs.202411562

Choo, C. M., Bai, S., Privitera, A. J., & Chen, S.-H. A. (2025). Brain imaging studies of multisensory integration in emotion perception: A scoping review. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, *172*, 106118. https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2025.106118

Chouchourelou, A., Matsuka, T., Harber, K., & Shiffrar, M. (2006). The visual analysis of emotional actions. *Social Neuroscience*, *1*(1), 63−74. https://doi.org/10.1080/17470910600630599

Corluka, N., & Laycock, R. (2024). The influence of dynamism and expression intensity on face emotion recognition in individuals with autistic traits. *Cognition and Emotion*, *38*(4), 635−644. https://doi.org/10.1080/02699931.2024.2314982

Couture, S. M., Penn, D. L., Losh, M., Adolphs, R., Hurley, R., & Piven, J. (2010). Comparison of social cognitive functioning in schizophrenia and high functioning autism: More convergence than divergence. *Psychological Medicine*, *40*(4), 569−579. https://doi.org/10.1017/s003329170999078x

Cowey, A., & Vaina, L. M. (2000). Blindness to form from motion despite intact static form perception and motion detection. *Neuropsychologia*, *38*(5), 566−578. https://doi.org/10.1016/s0028-3932(99)00117-7

de Gelder, B. (2006). Towards the neurobiology of emotional body language. *Nature Reviews Neuroscience*, *7*(3), 242−249. https://doi.org/10.1038/nrn1872

Doty, T. J., Japee, S., Ingvar, M., & Ungerleider, L. G. (2013). Fearful face detection sensitivity in healthy adults correlates with anxiety-related traits. *Emotion*, *13*(2), 183−188. https://doi.org/10.1037/a0031373

Droit-Volet, S., & Meck, W. H. (2007). How emotions colour our perception of time. *Trends in Cognitive Sciences*, *11*(12), 504−513. https://doi.org/10.1016/j.tics.2007.09.008

Dyer, M. L., Attwood, A. S., Penton-Voak, I. S., & Munafò, M. R. (2022). The role of state and trait anxiety in the processing of facial expressions of emotion. *Royal Society Open Science*, *9*(1), 210056. https://doi.org/10.1098/rsos.210056

Engell, A. D., & McCarthy, G. (2013). Probabilistic atlases for face and biological motion perception: An analysis of their reliability and overlap. *NeuroImage*, *74*, 140−151. https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2013.02.025

Engelstad, K. N., Sundet, K. S., Andreassen, O. A., & Vaskinn, A. (2017). Body language reading of emotion in schizophrenia: Associations with symptoms and functional outcome. *Scandinavian Journal of Psychology*, *58*(5), 359−366. https://doi.org/10.1111/sjop.12381

Ferguson, R. J., Roy-Charland, A., Rowe, S., Perron, M., & Gallant, J. (2022). Examining featural processing of emotional facial expressions: Is trait anxiety a factor? *Canadian Journal of Behavioural Science*, *54*(3), 225−233. https://doi.org/10.1037/cbs0000250

Fett, A.-K. J., Viechtbauer, W., Dominguez, M.-G., Penn, D. L., van Os, J., & Krabbendam, L. (2011). The relationship between neurocognition and social cognition with functional outcomes in schizophrenia: A meta-analysis. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, *35*(3), 573−588. https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2010.07.001

Fieker, M., Moritz, S., Köther, U., & Jelinek, L. (2016). Emotion recognition in depression: An investigation of performance and response confidence in adult female patients with depression. *Psychiatry Research*, *242*, 226−232. https://doi.org/10.1016/j.psychres.2016.05.037

Foglia, V., Siddiqui, H., Khan, Z., Liang, S., & Rutherford,

M. D. (2022). Distinct biological motion perception in autism *spectrum* disorder: A meta-analysis. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, *52*(11), 4843−4860. https://doi.org/10.1007/s10803-021-05352-7

Fox, C. J., & Barton, J. J. S. (2007). What is adapted in face adaptation? the neural representations of expression in the human visual system. *Brain Research*, *1127*(1), 80−89. https://doi.org/10.1016/j.brainres.2006.09.104

Fridenson-Hayo, S., Berggren, S., Lassalle, A., Tal, S., Pigat, D., Bölte, S., Baron-Cohen, S., & Golan, O. (2016). Basic and complex emotion recognition in children with autism: Cross-cultural findings. *Molecular Autism*, *7*(1), 52. https://doi.org/10.1186/s13229-016-0113-9

Frith, C. (2009). Role of facial expressions in social interactions. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, *364*(1535), 3453−3458. https://doi.org/10.1098/rstb.2009.0142

Fry, R., Tanaka, J. W., Cohan, S., Wilmer, J. B., Germine, L. T., & DeGutis, J. (2023). Effects of age on face perception: Reduced eye region discrimination ability but intact holistic processing. *Psychology and Aging*, *38*(6), 548−561. https://doi.org/10.1037/pag0000759

Germine, L. T., & Hooker, C. I. (2011). Face emotion recognition is related to individual differences in psychosis-proneness. *Psychological Medicine*, *41*(5), 937−947. https://doi.org/10.1017/s0033291710001571

Grossman, E., Battelli, L., & Pascual-Leone, A. (2005). Repetitive TMS over posterior STS disrupts perception of biological motion. *Vision Research*, *45*(22), 2847−2853. https://doi.org/10.1016/j.visres.2005.05.027

Grossman, E., Donnelly, M., Price, R., Pickens, D., Morgan, V., Neighbor, G., & Blake, R. (2000). Brain areas involved in perception of biological motion. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *12*(5), 711−720. https://doi.org/10.1162/089892900562417

Grzelak, L. N., Glazer, J. E., Klemballa, D. M., Nabb, C. B., Mittal, V. A., Walther, S., Shankman, S. A., & Letkiewicz, A. M. (2025). Depressive symptoms are associated with impaired body affect recognition for neutral expressions. *Journal of Affective Disorders*, *387*, 119531. https://doi.org/10.1016/j.jad.2025.119531

Gu, Y., Mai, X., & Luo, Y. (2013). Do bodily expressions compete with facial expressions? time course of integration of emotional signals from the face and the body. *PLoS One*, *8*(7), e66762. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0066762

Hall, J. K., Hutton, S. B., & Morgan, M. J. (2010). Sex differences in scanning faces: Does attention to the eyes explain female superiority in facial expression recognition? *Cognition and Emotion*, *24*(4), 629−637. https://doi.org/10.1080/02699930902906882

Halovic, S. (2023). Untangling the confounded relationship between perceiver sex and walker sex on the bistable perception of emotion displaying point-light walkers. *Acta Psychologica*, *239*, 103993. https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2023.103993

Halovic, S., & Kroos, C. (2018). Not all is noticed: Kinematic cues of emotion-specific gait. *Human Movement Science*, *57*, 478−488. https://doi.org/10.1016/j.humov.2017.11.008

Heberlein, A. S., Adolphs, R., Tranel, D., & Damasio, H. (2004). Cortical regions for judgments of emotions and personality traits from point-light walkers. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *16*(7), 1143−1158. https://doi.org/10.1162/0898929041920423

Henry, J. D., Thompson, C., Rendell, P. G., Phillips, L. H., Carbert, J., Sachdev, P., & Brodaty, H. (2012). Perception of biological motion and emotion in mild cognitive impairment and dementia. *Journal of the International Neuropsychological Society*, *18*(5), 866−873. https://doi.org/10.1017/s1355617712000665

Henry, J. D., Von Hippel, C., Ruffman, T., Perry, Y., & Rendell, P. G. (2010). Threat perception in schizophrenia-spectrum disorders. *Journal of the International Neuropsychological Society*, *16*(5), 805−812. https://doi.org/10.1017/s1355617710000640

Holmes, A., Nielsen, M. K., Tipper, S., & Green, S. (2009). An electrophysiological investigation into the automaticity of emotional face processing in high versus low trait anxious individuals. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, *9*(3), 323−334. https://doi.org/10.3758/cabn.9.3.323

Hsiung, E.-Y., Chien, S. H.-L., Chu, Y.-H., & Ho, M. W.-R. (2019). Adults with autism are less proficient in identifying biological motion actions portrayed with point-light displays. *Journal of Intellectual Disability Research*, *63*(9), 1111−1124. https://doi.org/10.1111/jir.12623

Hubert, B., Wicker, B., Moore, D. G., Monfardini, E., Duverger, H., Da Fonséca, D., & Deruelle, C. (2007). Brief report: Recognition of emotional and non-emotional biological motion in individuals with autistic *spectrum* disorders. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, *37*(7), 1386−1392. https://doi.org/10.1007/s10803-006-0275-y

Ikeda, E., Destler, N., & Feldman, J. (2025). The role of dynamic shape cues in the recognition of emotion from naturalistic body motion. *Attention, Perception, & Psychophysics*, *87*(2), 604-618. https://doi.org/10.3758/s13414-024-02990-8

Ikeda, H., & Watanabe, K. (2009). Anger and happiness are linked differently to the explicit detection of biological motion. *Perception, 38*(7), 1002−1011. https://doi.org/10.1068/p6250

Insch, P., Slessor, G., Phillips, L., Atkinson, A., & Warrington, J. (2015). The impact of aging and Alzheimers disease on decoding emotion cues from bodily motion. *AIMS Neuroscience*, *2*(3), 139−152. https://doi.org/10.3934/neuroscience.2015.3.139

Isernia, S., Sokolov, A. N., Fallgatter, A. J., & Pavlova, M. A. (2020). Untangling the ties between social cognition and body motion: Gender impact. *Frontiers in Psychology*, *11*, 128. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.00128

Jacob, P., & Alexander, G. (2023). Impaired biological motion processing and motor skills in adults with autistic traits. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, *53*(8), 2998−3011. https://doi.org/10.1007/s10803-022-05572-5

Jimenez, A. M., Lee, J., Reavis, E. A., Wynn, J. K., & Green, M. F. (2018). Aberrant patterns of neural activity when perceiving emotion from biological motion in schizophrenia. *NeuroImage: Clinical*, *20*, 380−387. https://doi.org/10.1016/j.nicl.2018.08.014

Johnson, K. L., McKay, L. S., & Pollick, F. E. (2011). He throws like a girl (but only when he's sad): Emotion affects sex-decoding of biological motion displays. *Cognition*, *119*(2), 265−280. https://doi.org/10.1016/j.cognition.2011.01.016

Joshi, S., & Gold, J. I. (2020). Pupil size as a window on neural substrates of cognition. *Trends in Cognitive Sciences*, *24*(6), 466−480. https://doi.org/10.1016/j.tics.2020.03.005

Kaletsch, M., Pilgramm, S., Bischoff, M., Kindermann, S., Sauerbier, I., Stark, R., … Lorey, B. (2014). Major depressive disorder alters perception of emotional body movements. *Frontiers in Psychiatry*, *5*, 4. https://doi.org/10.3389/fpsyt.2014.00004

Kana, R. K., Patriquin, M. A., Black, B. S., Channell, M. M., & Wicker, B. (2016). Altered medial frontal and superior temporal response to implicit processing of emotions in autism. *Autism Research*, *9*(1), 55−66. https://doi.org/10.1002/aur.1496

Kawasaki, H., Tsuchiya, N., Kovach, C. K., Nourski, K. V., Oya, H., Howard, M. A., & Adolphs, R. (2012). Processing of facial emotion in the human fusiform gyrus. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *24*(6), 1358−1370. https://doi.org/10.1162/jocn_a_00175

Kennedy, B. L., Huang, R., & Mather, M. (2020). Age differences in emotion-induced blindness: Positivity effects in early attention. *Emotion, 20*(7), 1266−1278. https://doi.org/10.1037/emo0000643

Kern, R. S., Penn, D. L., Lee, J., Horan, W. P., Reise, S. P., Ochsner, K. N., Marder, S. R., & Green, M. F. (2013). Adapting social neuroscience measures for schizophrenia clinical trials, part 2: Trolling the depths of psychometric properties. *Schizophrenia Bulletin*, *39*(6), 1201−1210. https://doi.org/10.1093/schbul/sbt127

Kim, J., Doop, M. L., Blake, R., & Park, S. (2005). Impaired visual recognition of biological motion in schizophrenia. *Schizophrenia Research*, *77*(2−3), 299−307. https://doi.org/10.1016/j.schres.2005.04.006

Kim, J., Norton, D., McBain, R., Ongur, D., & Chen, Y. (2013). Deficient biological motion perception in schizophrenia: Results from a motion noise paradigm. *Frontiers in Psychology*, *4*, 391. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2013.00391

Kim, J., Park, S., & Blake, R. (2011). Perception of biological motion in schizophrenia and healthy individuals: A behavioral and fMRI study. *PLoS One*, *6*(5), e19971. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0019971

Klin, A., Lin, D. J., Gorrindo, P., Ramsay, G., & Jones, W. (2009). Two-year-olds with autism orient to non-social contingencies rather than biological motion. *Nature*, *459*(7244), 257−261. https://doi.org/10.1038/nature07868

Kloosterman, N. A., Meindertsma, T., van Loon, A. M., Lamme, V. A. F., Bonneh, Y. S., & Donner, T. H. (2015). Pupil size tracks perceptual content and surprise. *European Journal of Neuroscience*, *41*(8), 1068−1078. https://doi.org/10.1111/ejn.12859

Kret, M. E., Roelofs, K., Stekelenburg, J. J., & de Gelder, B. (2013). Emotional signals from faces, bodies and scenes influence observers' face expressions, fixations and pupil-size. *Frontiers in Human Neuroscience*, *7*, 810. https://doi.org/10.3389/fnhum.2013.00810

Krüger, B., Kaletsch, M., Pilgramm, S., Schwippert, S.-S., Hennig, J., Stark, R., Lis, S., Gallhofer, B., Sammer, G., Zentgraf, K., & Munzert, J. (2018). Perceived intensity of emotional point−light displays is reduced in subjects with ASD. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, *48*(1), 1−11. https://doi.org/10.1007/s10803-017-3286-y

Lange, J., de Lussanet, M., Kuhlmann, S., Zimmermann, A., Lappe, M., Zwitserlood, P., & Dobel, C. (2009). Impairments of biological motion perception in congenital prosopagnosia. *PLoS One*, *4*(10), e7414. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0007414

Lartseva, A., Dijkstra, T., & Buitelaar, J. K. (2015). Emotional language processing in autism spectrum disorders: A systematic review. *Frontiers in Human Neuroscience*, *8*, 991. https://doi.org/10.3389/fnhum.2014.00991

LeDoux, J. (2003). The emotional brain, fear, and the amygdala. *Cellular and Molecular Neurobiology*, *23*(4/5), 727−738. https://doi.org/10.1023/a:1025048802629

Lee, H., & Kim, J. (2017). Facilitating effects of emotion on the perception of biological motion: Evidence for a happiness superiority effect. *Perception*, *46*(6), 679−697. https://doi.org/10.1177/0301006616681809

Lee, H., & Kim, J. (2018). The role of trait anxiety and emotional information in the perception of biological motion. *Korean Journal of Cognitive and Biological Psychology*, *30*(1), 15−33. https://doi.org/10.22172/cogbio.2018.30.1.002

Leppänen, J. M., & Hietanen, J. K. (2004). Positive facial expressions are recognized faster than negative facial expressions, but why? *Psychological Research*, *69*(1−2), 22−29. https://doi.org/10.1007/s00426-003-0157-2

Leppänen, J. M., Milders, M., Bell, J. S., Terriere, E., &

Hietanen, J. K. (2004). Depression biases the recognition of emotionally neutral faces. *Psychiatry Research*, *128*(2), 123−133. https://doi.org/10.1016/j.psychres.2004.05.020

Liu, S., Yu, L., Ren, J., Zhang, M., & Luo, W. (2025). The neural representation of body orientation and emotion from biological motion. *NeuroImage*, *310*, 121163. https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2025.121163

Loi, F., Vaidya, J. G., & Paradiso, S. (2013). Recognition of emotion from body language among patients with unipolar depression. *Psychiatry Research*, *209*(1), 40−49. https://doi.org/10.1016/j.psychres.2013.03.001

Ma, X., Yuan, X., Liu, J., Shen, L., Yu, Y., Zhou, W., Liu, Z., & Jiang, Y. (2022). Gravity-dependent animacy perception in zebrafish. *Research*, *2022*, 9829016. https://doi.org/10.34133/2022/9829016

Macchi Cassia, V., Turati, C., Simion, F. (2004). Can a nonspecific bias toward top-heavy patterns explain newborns' face preference? *Psychological Science, 15*(6), 379-383.

Martin, D., Hutchison, J., Konopka, A. E., Dallimore, C. J., Slessor, G., & Swainson, R. (2024). Intergroup processes and the happy face advantage: How social categories influence emotion categorization. *Journal of Personality and Social Psychology*, *126*(3), 390−412. https://doi.org/10.1037/pspa0000386

Mason, L., Shic, F., Falck-Ytter, T., Chakrabarti, B., Charman, T., Loth, E., … the LEAP Team. (2021). Preference for biological motion is reduced in ASD: Implications for clinical trials and the search for biomarkers. *Molecular Autism*, *12*(1), 74. https://doi.org/10.1186/s13229-021-00476-0

Mazzoni, N., Jacobs, C., Venuti, P., Silvanto, J., & Cattaneo, L. (2017). State-dependent TMS reveals representation of affective body movements in the anterior intraparietal cortex. *The Journal of Neuroscience*, *37*(30), 7231−7239. https://doi.org/10.1523/jneurosci.0913-17.2017

Mazzoni, N., Landi, I., Ricciardelli, P., Actis-Grosso, R., & Venuti, P. (2020). Motion or emotion? recognition of emotional bodily expressions in children with autism spectrum disorder with and without intellectual disability. *Frontiers in Psychology*, *11*, 478. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.00478

Mazzoni, N., Ricciardelli, P., Actis-Grosso, R., & Venuti, P. (2022). Difficulties in recognising dynamic but not static emotional body movements in autism spectrum disorder. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, *52*(3), 1092−1105. https://doi.org/10.1007/s10803-021-05015-7

Mewton, P., Dawel, A., Miller, E. J., Shou, Y., & Christensen, B. K. (2025). Meta-analysis of face perception in schizophrenia *spectrum* disorders: Evidence for differential impairment in emotion face perception. *Schizophrenia Bulletin*, *51*(1), 17−36. https://doi.org/10.1093/schbul/sbae130

Miller, L. E., & Saygin, A. P. (2013). Individual differences in the perception of biological motion: Links to social cognition and motor imagery. *Cognition*, *128*(2), 140−148. https://doi.org/10.1016/j.cognition.2013.03.013

Missana, M., Atkinson, A. P., & Grossmann, T. (2015). Tuning the developing brain to emotional body expressions. *Developmental Science*, *18*(2), 243−253. https://doi.org/10.1111/desc.12209

Missana, M., & Grossmann, T. (2015). Infants' emerging sensitivity to emotional body expressions: Insights from asymmetrical frontal brain activity. *Developmental Psychology*, *51*(2), 151−160. https://doi.org/10.1037/a0038469

Moore, D. G., Hobson, R. P., & Lee, A. (1997). Components of person perception: An investigation with autistic, non-autistic retarded and typically developing children and adolescents. *British Journal of Developmental Psychology*, *15*(4), 401−423. https://doi.org/10.1111/j.2044-835x.1997.tb00738.x

Morris, R. W., Weickert, C. S., & Loughland, C. M. (2009). Emotional face processing in schizophrenia. *Current Opinion in Psychiatry*, *22*(2), 140−146. https://doi.org/10.1097/yco.0b013e328324f895

Murphy, P., Brady, N., Fitzgerald, M., & Troje, N. F. (2009). No evidence for impaired perception of biological motion in adults with autistic spectrum disorders. *Neuropsychologia*, *47*(14), 3225−3235. https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2009.07.026

Nackaerts, E., Wagemans, J., Helsen, W., Swinnen, S. P., Wenderoth, N., & Alaerts, K. (2012). Recognizing biological motion and emotions from point-light displays in autism spectrum disorders. *PLoS ONE*, *7*(9), e44473. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0044473

Niedenthal, P. M., & Brauer, M. (2012). Social functionality of human emotion. *Annual Review of Psychology*, *63*(1), 259−285. https://doi.org/10.1146/annurev.psych.121208.131605

Ogren, M., Kaplan, B., Peng, Y., Johnson, K. L., & Johnson, S. P. (2019). Motion or emotion: Infants discriminate emotional biological motion based on low-level visual information. *Infant Behavior and Development*, *57*, 101324. https://doi.org/10.1016/j.infbeh.2019.04.006

Okruszek, Ł. (2018). It is not just in faces! processing of emotion and intention from biological motion in psychiatric disorders. *Frontiers in Human Neuroscience*, *12*, 48. https://doi.org/10.3389/fnhum.2018.00048

Okruszek, Ł., & Pilecka, I. (2017). Biological motion processing in schizophrenia − systematic review and meta-analysis. *Schizophrenia Research*, *190*, 3−10. https://doi.org/10.1016/j.schres.2017.03.013

Oliva, M., & Anikin, A. (2018). Pupil dilation reflects the time course of emotion recognition in human vocalizations. *Scientific Reports*, *8*(1), 4871. https://doi.org/10. 1038/s41598-018-23265-x

Palumbo, R., D'Ascenzo, S., Quercia, A., & Tommasi, L. (2017). Adaptation to complex pictures: Exposure to

emotional valence induces assimilative aftereffects. *Frontiers in Psychology*, *8*, 54. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.00054

Parron, C., Da Fonseca, D., Santos, A., Moore, D. G., Monfardini, E., & Deruelle, C. (2008). Recognition of biological motion in children with autistic spectrum disorders. *Autism*, *12*(3), 261−274. https://doi.org/10.1177/1362361307089520

Peterman, J. S., Christensen, A., Giese, M. A., & Park, S. (2014). Extraction of social information from gait in schizophrenia. *Psychological Medicine*, *44*(5), 987−996. https://doi.org/10.1017/s003329171300144x

Poljac, E., Poljac, E., & Wagemans, J. (2013). Reduced accuracy and sensitivity in the perception of emotional facial expressions in individuals with high autism spectrum traits. *Autism*, *17*(6), 668−680. https://doi.org/10.1177/1362361312455703

Pollick, F. E., Kay, J. W., Heim, K., & Stringer, R. (2005). Gender recognition from point-light walkers. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *31*(6), 1247−1265. https://doi.org/10.1037/0096-1523.31.6.1247

Pollick, F. E., Paterson, H. M., Bruderlin, A., & Sanford, A. J. (2001). Perceiving affect from arm movement. *Cognition*, *82*(2), B51−B61. https://doi.org/10.1016/s0010-0277(01)00147-0

Puffet, A.-S., Saleh, G., & Rigoulot, S. (2025). Exploring the impact of facial-body emotion incongruence: Insight from a systematic review. *Journal of Nonverbal Behavior*, *49*(3), 345-376. https://doi.org/10.1007/s10919-025-00488-x

Pye, A., & Bestelmeyer, P. E. G. (2015). Evidence for a supra-modal representation of emotion from cross-modal adaptation. *Cognition*, *134*, 245−251. https://doi.org/10.1016/j.cognition.2014.11.001

Raine, A., Reynolds, C., Lencz, T., Scerbo, A., Triphon, N., & Kim, D. (1994). Cognitive-perceptual, interpersonal, and disorganized features of schizotypal personality. *Schizophrenia Bulletin*, *20*(1), 191−201.

Riviere, E., Courbois, Y., & Gentaz, E. (2026). The developmental changes in emotion recognition from human biological motion by children aged from 4 to 12 years. *Emotion, 26*(5), 1166−1180. https://doi.org/10.1037/emo0001626

Ross, P. D., Polson, L., & Grosbras, M.-H. (2012). Developmental changes in emotion recognition from full-light and point-light displays of body movement. *PLoS One*, *7*(9), e44815. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0044815

Ruzich, E., Allison, C., Smith, P., Watson, P., Auyeung, B., Ring, H., & Baron-Cohen, S. (2015). Measuring autistic traits in the general population: A systematic review of the autism-spectrum quotient (AQ) in a nonclinical population sample of 6, 900 typical adult males and females. *Molecular Autism*, *6*(1), 2. https://doi.org/10.1186/2040-2392-6-2

Sawada, R., Sato, W., Nakashima, R., & Kumada, T. (2022). How are emotional facial expressions detected rapidly and accurately? a diffusion model analysis. *Cognition*, *229*, 105235. https://doi.org/10.1016/j.cognition.2022.105235

Schirmer, A., & Adolphs, R. (2017). Emotion perception from face, voice, and touch: Comparisons and convergence. *Trends in Cognitive Sciences*, *21*(3), 216−228. https://doi.org/10.1016/j.tics.2017.01.001

Schmitt, A., & Atzwanger, K. (1995). Walking fast-ranking high: A sociobiological perspective on pace. *Ethology and Sociobiology*, *16*(5), 451−462. https://doi.org/10.1016/0162-3095(95)00070-4

Schweizer, S., Satpute, A. B., Atzil, S., Field, A. P., Hitchcock, C., Black, M., Barrett, L. F., & Dalgleish, T. (2019). The impact of affective information on working memory: A pair of meta-analytic reviews of behavioral and neuroimaging evidence. *Psychological Bulletin*, *145*(6), 566−609. https://doi.org/10.1037/bul0000193

Senju, A., & Johnson, M. H. (2009). The eye contact effect: Mechanisms and development. *Trends in Cognitive Sciences*, *13*(3), 127−134. https://doi.org/10.1016/j.tics.2008.11.009

Simion, F., Di Giorgio, E., Leo, I., & Bardi, L. (2011). The processing of social stimuli in early infancy: from faces to biological motion perception. *Progress in Brain Research, 189*, 173−193. https://doi.org/10.1016/b978-0-444-53884-0.00024-5

Siqi-Liu, A., Harris, A. M., Atkinson, A. P., & Reed, C. L. (2018). Dissociable processing of emotional and neutral body movements revealed by μ-alpha and beta rhythms. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, *13*(12), 1269−1279. https://doi.org/10.1093/scan/nsy094

Skuk, V. G., & Schweinberger, S. R. (2013). Adaptation aftereffects in vocal emotion perception elicited by expressive faces and voices. *PLoS One*, *8*(11), e81691. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0081691

Slessor, G., Riby, D. M., & Finnerty, A. N. (2013). Age-related differences in processing face configuration: The importance of the eye region. *Journals of Gerontology-Series B Psychological Sciences and Social Sciences*, *68*(2), 228−231. https://doi.org/10.1093/geronb/gbs059

Sotoodeh, M. S., Taheri‐Torbati, H., Sohrabi, M., & Ghoshuni, M. (2019). Perception of biological motions is preserved in people with autism spectrum disorder: Electrophysiological and behavioural evidences. *Journal of Intellectual Disability Research*, *63*(1), 72−84. https://doi.org/10.1111/jir.12565

Spencer, J. M. Y., Sekuler, A. B., Bennett, P. J., Giese, M. A., & Pilz, K. S. (2016). Effects of aging on identifying emotions conveyed by point-light walkers. *Psychology and Aging*, *31*(1), 126−138. https://doi.org/10.1037/a0040009

Thaler, A., Bieg, A., Mahmood, N., Black, M. J., Mohler, B.

J., & Troje, N. F. (2020). Attractiveness and confidence in walking style of male and female virtual characters. *2020 IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces Abstracts and Workshops (VRW)*, 678−679. Atlanta, GA, USA: IEEE. https://doi.org/10.1109/vrw50115.2020.00190

Thompson, J. C., & Hardee, J. E. (2008). The first time ever I saw your face. *Trends in Cognitive Sciences*, *12*(8), 283−284. https://doi.org/10.1016/j.tics.2008.05.002

Tian, J., Yang, F., Wang, Y., Wang, L., Wang, N., Jiang, Y., & Yang, L. (2024). Atypical local and global biological motion perception in children with attention deficit hyperactivity disorder. *eLife*, *12*, RP90313. https://doi.org/10.7554/elife.90313

Todorova, G. K., Hatton, R. E. M., & Pollick, F. E. (2019). Biological motion perception in autism spectrum disorder: A meta-analysis. *Molecular Autism*, *10*(1), 49. https://doi.org/10.1186/s13229-019-0299-8

Troje, N. F. (2008). Retrieving information from human movement patterns. In T. F. Shipley & J. M. Zacks (Eds.), *Understanding events: From perception to action* (pp. 308−334). Oxford University Press. https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780195188370.003.0014

Troje, N. F., & Westhoff, C. (2006). The inversion effect in biological motion perception: Evidence for a “life detector”? *Current Biology*, *16*(8), 821−824. https://doi.org/10.1016/j.cub.2006.03.022

Troje, N. F., Westhoff, C., & Lavrov, M. (2005). Person identification from biological motion: Effects of structural and kinematic cues. *Perception & Psychophysics*, *67*(4), 667-675.

van Boxtel, J. J. A., Peng, Y., Su, J., & Lu, H. (2017). Individual differences in high-level biological motion tasks correlate with autistic traits. *Vision Research*, *141*, 136−144. https://doi.org/10.1016/j.visres.2016.11.005

Vaskinn, A., Lagerberg, T. V., Bjella, T. D., Simonsen, C., Andreassen, O. A., Ueland, T., & Sundet, K. (2017). Impairment in emotion perception from body movements in individuals with bipolar I and bipolar II disorder is associated with functional capacity. *International Journal of Bipolar Disorders*, *5*(1), 13. https://doi.org/10.1186/s40345-017-0083-7

Vaskinn, A., Sundet, K., Østefjells, T., Nymo, K., Melle, I., & Ueland, T. (2016). Reading emotions from body movement: A generalized impairment in schizophrenia. *Frontiers in Psychology*, *6*, 2058. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.02058

Wang, R., Lu, X., & Jiang, Y. (2023). Distributed and hierarchical neural encoding of multidimensional biological motion attributes in the human brain. *Cerebral Cortex*, *33*(13), 8510−8522. https://doi.org/10.1093/cercor/bhad136

Wang, X., Guo, X., Chen, L., Liu, Y., Goldberg, M. E., & Xu, H. (2017). Auditory to visual cross-modal adaptation for emotion: Psychophysical and neural correlates. *Cerebral Cortex*, *27*(2), 1337−1346. https://doi.org/10.1093/cercor/bhv321

Wang, Y., Wang, L., Xu, Q., Liu, D., Chen, L., Troje, N. F., He, S., & Jiang, Y. (2018). Heritable aspects of biological motion perception and its covariation with autistic traits. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *115*(8), 1937−1942. https://doi.org/10.1073/pnas.1714655115

Wang, Y., Zhang, X., Wang, C., Huang, W., Xu, Q., Liu, D., … Jiang, Y. (2022). Modulation of biological motion perception in humans by gravity. *Nature Communications*, *13*(1), 2765. https://doi.org/10.1038/s41467-022-30347-y

Watson, R., Latinus, M., Noguchi, T., Garrod, O., Crabbe, F., & Belin, P. (2014). Crossmodal adaptation in right posterior superior temporal sulcus during face-voice emotional integration. *Journal of Neuroscience*, *34*(20), 6813−6821. https://doi.org/10.1523/jneurosci.4478-13.2014

Webster, M. A. (2015). Visual adaptation. *Annual Review of Vision Science*, *1*(1), 547−567. https://doi.org/10.1146/annurev-vision-082114-035509

Xing, L., Sun, Z., Wang, Y., Bao, Y., Cai, P., Wang, R., & Jiang, Y. (2026). Cortical contributions to local and global biological motion perception: Insights from transcranial magnetic stimulation. *Neuroscience Bulletin*, *42*(5), 1183-1188. https://doi.org/10.1007/s12264-026-01604-7

Xu, P., Peng, S., Luo, Y.-J., & Gong, G. (2021). Facial expression recognition: A meta-analytic review of theoretical models and neuroimaging evidence. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, *127*, 820−836. https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2021.05.023

Yang, D., Tao, H., Ge, H., Li, Z., Hu, Y., & Meng, J. (2022). Altered processing of social emotions in individuals with autistic traits. *Frontiers in Psychology*, *13*, 746192. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.746192

Yang, Y. F., Brunet-Gouet, E., Burca, M., Kalunga, E. K., & Amorim, M.-A. (2020). Brain processes while struggling with evidence accumulation during facial emotion recognition: An ERP study. *Frontiers in Human Neuroscience*, *14*, 340. https://doi.org/10.3389/fnhum.2020. 00340

Yin, R. K. (1969). Looking at upside-down faces. *Journal of Experimental Psychology*, *81*(1), 141−145. https://doi.org/10.1037/h0027474

Yuan, T., Ji, H., Wang, L., & Jiang, Y. (2023). Happy is stronger than sad: Emotional information modulates social attention. *Emotion*, *23*(4), 1061-1074. https://doi.org/10.1037/emo0001145

Yuan, T., Wang, L., Chen, A., & Jiang, Y. (2026). Negative targets specifically enhance conscious and unconscious social attention. *British Journal of Psychology*, *117*(3), 840-858. https://doi.org/10.1111/bjop.70036

Yuan, T., Wang, L., & Jiang, Y. (2024). Multi-level processing of emotions in life motion signals revealed through pupil responses. *eLife*, *12*, RP89873. https://doi.

org/10.7554/elife.89873.3

Yuan, T., Wang, L., & Jiang, Y. (2025). Cross-channel adaptation reveals shared emotion representation from face and biological motion. *Emotion*, *25*(1), 158-173. https://doi.org/10.1037/emo0001409

Yuan, T., Zhang, J., Zhang, H., Zhan, B., Kong, L., & Chen, A. (2027). Cross-modal social attention differs across emotional categories: Evidence from biological motion and gaze cues. *Cognition*, *278*, 106721. https://doi.org/10.1016/j.cognition.2026.106721

Zhu, Q., Nelissen, K., Van den Stock, J., De Winter, F.-L., Pauwels, K., de Gelder, B., Vanduffel, W., & Vandenbulcke, M. (2013). Dissimilar processing of emotional facial expressions in human and monkey temporal cortex. *NeuroImage*, *66*, 402−411. https://doi. org/10.1016/j.neuroimage.2012.10.083

Emotion processing from biological motion: Mechanisms and clinical abnormalities

YUAN Tian[1], KONG Li[1], WANG Li[2,3], JIANG Yi[2,3]

([1] *School of Psychology, Shanghai Normal University, Shanghai,* 200234, *China*)

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

([3] *State Key Laboratory of Cognitive Science and Mental Health, Institute of Psychology, Chinese Academy of Sciences, Beijing* 100101, *China*)

Abstract: Perceiving and interpreting others' emotional states from social signals is fundamental to social interaction and adaptive behavior. Facial expressions present the most common social signals conveying emotional clues. Beyond facial expressions, biological motion (BM) provides a distinct channel for conveying emotion and a valuable means of investigating the perceptual and neural mechanisms of emotion processing. Here, we synthesize recent advances in BM emotion processing, focusing on its underlying mechanisms and alterations across subclinical and clinical populations. Existing evidence suggests that emotion perception from BM depends on the integration of global configuration and local motion cues, with processing advantages for certain emotions. At the neural level, BM emotion processing engages a distributed social brain network, with the posterior superior temporal sulcus (pSTS) serving as a key node. Moreover, despite substantial differences in low-level visual features, emotion processing from BM and facial expressions exhibits behavioral commonalities and partially overlapping neural mechanisms, suggesting shared mechanisms of social emotion perception. Furthermore, alterations in BM emotion processing vary in nature and extent across individuals with elevated subclinical traits (e.g., autistic traits, schizotypal traits, and trait anxiety) and clinical populations (e.g., individuals with autism spectrum disorder, schizophrenia, mood disorders, and cognitive disorders). Overall, this review integrates research on emotional processing of BM at the mechanistic and clinical-abnormality levels. This not only broadens our understanding of a cross-stimulus social emotion perception system, but also provides potential directions for the assessment and intervention of related psychiatric and neurological disorders.

Keywords: biological motion, emotion perception, facial expressions, autism spectrum disorder, schizophrenia