

• 研究构想(Conceptual Framework) •

# 高功能孤独症自我加工的机制与干预\*

周爱保<sup>1</sup> 袁月<sup>2</sup>

(<sup>1</sup>西北师范大学心理学院, 兰州 730037)(<sup>2</sup>云南民族大学教育学院, 昆明 650031)

**摘要** 孤独症谱系障碍(Autism Spectrum Disorder, ASD)是一种神经性发育障碍, 核心特征之一是社会性交流困难, 该症状背后的机制长期以来尚不清楚。理解自我是理解他人的基础, 自我是社会认知的核心, 自我加工异常可能是 ASD 社会性交流障碍的关键原因。鉴于此, 本研究以拥有感为切入点, 通过自我加工系列实验, 结合行为、眼动、皮肤电和脑电等多模态数据, 探索 ASD 行为和脑神经的自我加工机制, 试图揭示 ASD 儿童自我加工的特点。并以此为基础, 基于脑神经的可塑性进行 ASD 儿童自我加工认知神经干预训练, 分析 ASD 儿童自我认知训练对其社交能力的影响, 进而构建 ASD 儿童的自我加工对其社交能力影响的多模态模型, 提供临床诊断的理论依据, 并进一步形成干预治疗的策略范式。

**关键词** 自我认知, 自我参照, 孤独症谱系障碍, 拥有感

**分类号** R395

## 1 研究背景

孤独症谱系障碍(Autism Spectrum Disorder, ASD)是世界上最常见的一种神经性发育障碍, 已经成为全球严重的公共卫生和社会问题。仅我国截至 2019 年孤独症患者人数就超过 1000 万, 且人数正以每年近 20 万的数量持续增长(孙梦麟, 2019)。据美国卫生与公共服务部 2018 年 11 月针对 5000 名 0~17 岁儿童家长的调查表明, ASD 发生率已高达 1/40 (Zablotsky et al., 2017)。医学界至今对于 ASD 的发病机制尚未形成确定性解释, 且目前无有效医疗手段, 给患者本人及其家庭带来了极大的负面影响。

ASD 是一种神经性发育障碍, 核心特征之一是社会性交流困难(American Psychiatric Association, 2013), 该症状背后的机制长期以来尚不清楚。迄今为止, 关于 ASD 社交障碍的理论主要集中在其如何处理关于他人的信息, 如心理理论、情感识别理论、移情-系统化平衡理论。然而, 理解自我

是理解他人的基础, 自我是社会认知的核心, 自我加工异常可能是 ASD 社会性交流障碍的关键原因。鉴于此, 本研究以拥有感为切入点, 通过自我加工系列实验, 结合行为、眼动、皮肤电和脑电等多模态数据, 探索 ASD 行为和脑神经的自我加工机制, 试图揭示 ASD 儿童自我加工的特点。并以此为基础, 基于脑神经的可塑性进行 ASD 儿童自我加工认知神经干预训练, 分析 ASD 儿童自我认知训练对其社交能力的影响, 进而构建 ASD 儿童的自我加工对其社交能力影响的多模态模型, 提供临床诊断的理论依据, 并进一步形成干预治疗的策略范式。

学术理论方面, 本研究将从统一的拥有感视角, 通过系列实验探索 ASD 儿童在实体和错觉自我加工中与典型发展(Typical Developing, TD)儿童的差异, 结合行为、眼动、生理指标构建 ASD 自我加工行为机制, 并在此基础上通过脑电实验建构 ASD 自我加工认知神经机制, 以厘清 ASD 儿童自我加工的本质, 通过对自我加工异常的探索以期作为 ASD 儿童的诊断标准提供理论依据。

临床实践方面, ASD 儿童主要表现为对他人理解的障碍和社会功能方面的缺陷, 这一点已得到公认。然而, 这些障碍是否与自我加工有关, 以

收稿日期: 2024-08-09

\* 国家自然科学基金地区项目(3236070111)资助。

通信作者: 袁月, E-mail: livia428psy@163.com

及自我加工多大程度上影响了 ASD 的社会功能, 目前仍然没有答案。本研究在拥有感视角下自我加工系列实验的基础上, 基于大脑神经可塑性对 ASD 儿童自我加工脑区进行干预训练, 探索自我加工训练能否提高其社会交往能力, 探究自我加工与社会功能的关系, 试图揭示 ASD 儿童自我加工对其社会功能作用机制, 从而更好地为 ASD 儿童的临床干预训练提供依据。

## 2 研究现状

### 2.1 ASD 研究现状

在明确了研究的重要性的目标之后, 有必要审视一下目前有关 ASD 的研究现状, 以便更好地理解现有研究的不足和未来研究的方向。当前, 有关 ASD 的研究主要分为以下几个领域: (1) 基于医学角度诊断研究: 目前国际上 ASD 诊断大多采用主观问卷和行为评估量表(Schopler et al., 1980), 但仅用问卷和量表对 ASD 进行诊断存在主观性强、价格昂贵、繁琐枯燥、效率低下甚至误诊等问题。(2) 基于特殊教育角度主要研究 ASD 儿童康复训练(贺荟中等, 2021; 马书采等, 2023), 其主要根据儿童心理发展规律和异常症状对 ASD 儿童进行干预训练。虽然, 这种以心理发展规律和异常症状为核心的干预方式取得一定的效果(贺荟中等, 2021; 马书采等, 2023), 但也忽略了一些关键问题: 引发孤独症的原因究竟是什么? 孤独症为何表现出“以自我为中心”(Frith & de Vignemont, 2005)? (3) 基于生物学角度研究主要包括了: ASD 血液样本、基因表达、大脑特异性功能、遗传行为等异常(Bahado-Singh et al., 2019; Duda et al., 2018; Zhou et al., 2019), 虽然为理解 ASD 提供了重要见解, 但这种研究方法也存在一定的局限性和片面性。ASD 的发生可能涉及遗传和环境因素的复杂交互作用, 而单一的生物学研究可能难以充分揭示这种交互作用。此外, ASD 的行为和社交障碍往往涉及复杂的心理社会过程, 这些过程可能难以仅通过生物学指标来完全解释。(4) 基于心理学角度的研究, 探索 ASD 在理解他人心理状态方面的困难, 以此解释其在社交互动中的困难(胡金生等, 2018; 宋永宁等, 2021)。这些研究强调了 ASD 患者在心理理论(Theory of Mind)方面的障碍, 即他们难以准确推断他人的信念、愿望和意图。然而, 这种研究取向可能过

度强调了对他人心理状态的处理, 而相对忽视了自我认知加工在社交困难中的作用。(5) 有研究者尝试通过生理学途径来预防和干预 ASD 患者的社交障碍(黄钰杰等, 2023)。催产素是一种与社会行为和情感调节密切相关的神经肽, 在调节人际信任、亲子依恋以及社交认知等方面发挥着关键作用(黄钰杰等, 2023)。黄钰杰等(2023)通过催产素的干预改善 ASD 患者的社交功能。然而, 这种生理学视角的研究可能未能充分考虑个体在自我认知加工和社会交往中的复杂作用机制, 以及这些机制如何与生理因素相互作用。(6) 基于认知神经的研究集中在探索 ASD 患者的大脑结构和功能异常, 以及这些异常如何与 ASD 的核心症状相关联(Mash et al., 2020; Feng & Xu, 2023)。虽然这些研究揭示了 ASD 与大脑结构和功能之间的关联, 但这些关联往往是相关性的, 而不是因果性的。因此, 很难确定是大脑的异常导致了 ASD 症状, 还是症状的发展影响了大脑结构和功能。综上, 虽然不同领域在 ASD 的临床干预和生理机制探索方面做出贡献, 但鲜有研究全面地考察自我加工异常对 ASD 儿童其症状的潜在影响。

### 2.2 ASD 与自我

认识自我是认识他人和社会互动的基础, 导致 ASD 自我加工异常的原因可能与其“极端的自我中心主义”(Frith & de Vignemont, 2005)有关。而关于 ASD 的自我加工研究角度广泛, 研究结果主要体现为: ASD 儿童很早就表现出自我意图识别障碍(Williams & Happé, 2009); ASD 患者在体验或建立自主感方面存在困难(Williams & Happé, 2010); ASD 患者自我边界感存在异常(Vogel et al., 2019)。综上, 当前 ASD 自我加工的研究碎片化地探讨了 ASD 患者在自我的某些方面表现异常。鉴于此, 本研究追根溯源至传统哲学对自我的全面理解, 传统哲学对自我的认识包括两个极端对立的观点: 实体论与错觉论(张静, 陈巍, 2017)。

自我实体论从个体思维和意识的角度出发, 认为“自我是单一的、连续的、一个可被通达的精神实体”。基于自我实体论观点, 发现 ASD 患者自我加工的研究结果缺乏一致性(Lind & Bowler, 2009; Lombardo et al., 2010; Toichi et al., 2002; Yi et al., 2016)。例如, Toichi 等人(2002)通过标准的特质判断任务, 结果发现高功能成人 ASD 患者没有表现出自我参照效应。然而, 有研究通过自我

和英国女王有关的特质词汇判断任务,在高功能ASD群体中发现了自我参照效应(Lombardo et al., 2011)。对于ASD研究结果的非一致性可能由于其本身的异质性,ASD是一个谱系障碍,在症状的严重程度和表现形式上存在广泛差异(American Psychiatric Association, 2013)。这种异质性可能导致不同研究中观察到的结果不一致。此外,实验设计的差异,控制条件、任务难度、实验指导语等,都可能导致结果的不一致性。例如,在ASD儿童的自我识别能力的研究中,一些研究采用自我面孔识别视频任务,发现ASD儿童对自我面孔的识别能力显著低于正常儿童(Lind & Bowler, 2009)。然而, Yi 等人(2016)采用自我面孔和其他种族面孔为实验材料,发现ASD儿童的自我识别能力与正常儿童无差异。

这些研究的结果促使人们建立了孤独症自我加工的认知模型(Williams et al., 2018; Williams & Happé, 2009),以解释所观察到ASD患者自我加工模式。自我二阶理论模型认为ASD在早期阶段的自我加工可能是完整的,但后期阶段对自我相关信息的深层评估可能减弱了(Williams et al., 2018)。这种深度评估被描述为自我加工的二阶表征,即将自我视为自己思考的对象(如,我很好吗?),而不是像一阶表征简单地将某些东西标记为自我相关(如“自我”=“三角形”)。元认知的加工需要个体对自我的心理状态进行二阶表述,因此二阶自我表征的困难是引起ASD自我加工元认知缺损的原因(Grainger et al., 2014)。此外,ASD自我补偿策略理论认为ASD可能通过不同感知神经通路来补偿对某一认知通道的困难(Williams & Happé, 2009)。

自我错觉论认为自我是一种持续的错觉,心理学中的拥有感错觉的实验,也支持了理论的合理性。经典的橡胶手错觉(Rubber Hand Illusion, RHI)实验通过多感官整合的实验操纵,被试看到一只与他们自己隐藏的手相邻的橡胶手,由主试在相同的位置触摸这两只手,被试随后会感觉到橡胶手是他们自己身体的一部分,而他们的真手会被“抛弃”,产生假手是自己手的错觉(Tsakiris et al., 2007)。基于自我错觉论观点,已有研究发现ASD患者不容易产生RHI(Cascio et al., 2012; Paton et al., 2012)和识脸错觉(Deltort et al., 2022)。随后的研究进一步细化了有关ASD的错觉,发现

ASD个体在错觉实验中表现出更显著的个体差异性(Makoto et al., 2020)。Bao 等人(2017)的研究则表明,ASD与典型发育(Typical Developing, TD)个体在裂变错觉(Fission Illusion)任务中显示出相似的易感性,而ASD对融合错觉(Fusion Illusion)的易感性显著高于TD。这些发现为理解ASD个体在多感官整合过程中的特殊性提供了新的视角,并为未来的研究指明了潜在的方向。

然而,目前很少有研究系统地采用行为学、虚拟现实技术、皮肤电反应以及脑神经实验等多模态方法来探索ASD儿童在自我加工过程中的作用机制。多模态研究方法对于深入探索ASD的自我加工过程至关重要。首先,ASD作为一种复杂的神经发育障碍,其在不同个体间表现出的特征和影响差异显著(American Psychiatric Association, 2013),而多模态研究方法能够从多个角度和层面对ASD的错觉自我加工进行综合分析,从而提供更全面的理解和解释。其次,由于不同的研究方法可能揭示不同的研究结果,例如行为研究侧重于观察和报告,而脑神经实验可揭示大脑活动模式,因此,通过综合的多模态研究方法,研究者能够更准确地识别和解释ASD在错觉自我加工中的差异。进而有助于识别ASD在自我加工中的具体障碍,为开发有针对性的干预措施提供依据,例如,如果发现ASD在视觉和触觉整合方面存在困难,可以设计专门的多感官训练程序来改善这些技能。

实体论与错觉论都片面地从两个对立的视角阐释自我,前者认为自我是单一的、固定的具有意识记忆等觉知的实体存在,而后者从完全相反的视角认为自我是拥有体验连续的。实体的存在和连续的体验二者往往是相互依存的,例如当沉浸在音乐剧的时候,我们不仅能够觉知到音乐剧(一种连续存在的体验),同时我们也知道音乐剧正被我们聆听和观看(实体存在的体验的对象)。就如同自我的两个方面,一方面我们对世界的觉知中存在一个体验的对象,让我们知道存在一个“我”作为意识中枢所体验到的一个实体存在,即笛卡尔所提出的“我思故我在”。另一方面,如虚无经验主义哲学所提出的,自我是一个不断熟悉万变的存在,而我们对自我的体验是一种错觉。

但是,无论实体论还是自我错觉论,自我的主体性与其功能性紧密地联系在一起,个体与外

界互动过程中会产生这是“我的”或这是“他/她的”感觉, 这种感觉即拥有感。拥有感是个体自我加工的基本成分(Blanke & Metzinger, 2009), 是指个体将刺激或刺激的一部分觉知为“我的”的一种心理能力和状态(Pierce et al., 2003)。拥有感是自我实体论和错觉论的交叉点、共通点, 因为无论自我是实体的存在, 还是基于经验的错觉, 自我作为主体都会对其所作用的客体产生一种“我的”感觉(如图 1)。当然, 拥有感作为自我加工的重要部分, 亦可通过实体和错觉两个看似对立却又同时存在的角度分析。

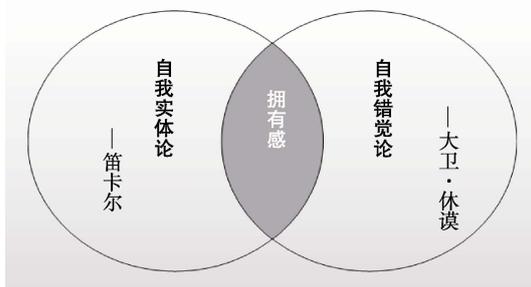


图 1 自我哲学争论的交叉图

### 3 研究目标与拟解决问题

#### 3.1 研究目标

##### 3.1.1 研究目标一: 揭示孤独症儿童自我加工的行为机制

通过文献梳理发现, 哲学从实体和错觉两个

对立统一的视角阐释自我(如图 1)。其中, 核心问题是, ASD 所表现出强烈的自我中心主义是由一系列自我加工异常所导致的, 还是自我加工中一个单一的视角就能解释这个谱系? 此外, 关于 ASD 自我加工研究角度广泛, 结果多呈碎片化。研究发现 ASD 患者自我加工异常包括自我中心主义增加和自我参照减弱所形成的自我紊乱(Toichi et al., 2002)。那么 ASD 自我紊乱的自我加工基础是什么? 增加的自我中心性和减少的自我参照性这样看似矛盾的两个特征, 如何在一个人的自我中同时出现呢? 围绕该部分的内容, 本研究综合了关于自我不同理论, 从拥有感视角拟完成研究目标一: 揭示孤独症儿童自我加工的行为机制(见图 2)。

##### 3.1.2 研究目标二: 揭示孤独症儿童自我加工的认知神经机制

在研究 1 揭示行为机制的基础上, 研究 2 试图探索引发 ASD 自我加工异常的认知神经基础是什么。自我的多层嵌套层次模型认为自我包括内感性自我、外感性自我和心理自我, 其认知神经基础为: 皮层下区域和脑岛主要控制内感性自我; 内侧前额叶皮层和颞翼交界处控制外感性自我; 大脑默认模式网络前部和后部控制心理的自我(Qin et al., 2016), 如图 3。从自我的多层嵌套层次模型可推论, ASD 自我加工异常的原因是其大脑中控制自我与非自我分区的默认模式网络(Default Mode Network, DMN)在静息和任务状态下功能低下, 这导致 ASD 的自我参照、自我-他

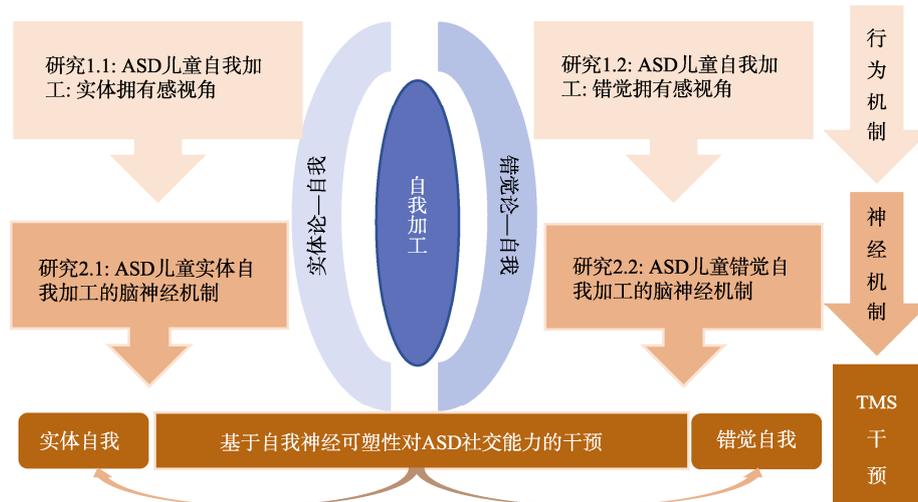


图 2 研究思路图

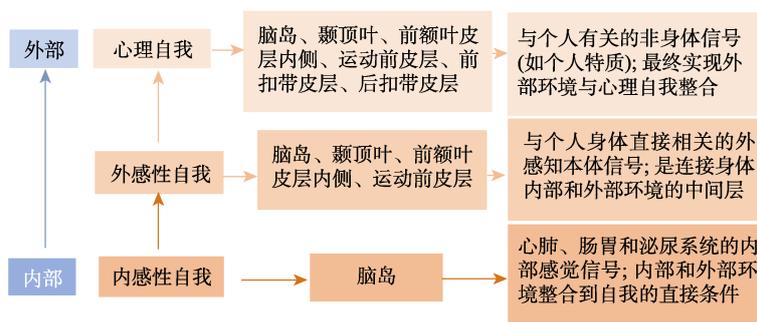


图3 自我的多层嵌套层次模型及认知神经基础(Qin et al., 2020)

人意识、自我-他人区分能力下降,从而导致其被锁定在心理自我之外,即表现出高层的心理自我缺损。同时,由于ASD患者大脑中控制自我与非自我分区的DMN在静息和任务状态下功能低下,导致其被限制在由非DMN和皮层下区域介导的低层的内部和外部自我感知中,表现为自我中心性的增加。为了深入探索ASD儿童自我加工作用机制,本研究拟完成研究目标二:揭示孤独症儿童自我加工的认知神经机制(见图2)。

### 3.1.3 研究目标三:探究ASD儿童自我加工脑神经干预效果及对社会交往能力的影响机制

个体的大脑神经突触和自我表征具有可塑性(付蕊等, 2021; 张静, 李恒威, 2016)。经颅磁刺激(Transcranial Magnetic Stimulation, TMS)作为一种无创神经调控技术可以通过对神经元形态、谷氨酸受体、神经递质的影响,以及对脑源性神经营养因子表达的调节,从而调节突触相关蛋白的表达,最终调节大脑突触结构和功能可塑性,改善因其脑神经异常多导致的功能障碍(付蕊等, 2021)。ASD是一种神经发育障碍,核心特征之一是社会交流困难,该症状背后的机制长期以来尚不清楚(American Psychiatric Association, 2013)。因此,在提升ASD社会交往能力的相关研究中,有两个问题有必要考察:针对大脑神经可塑性的自我感知的干预是否对ASD社交能力有效?这种效果是否具有持久性?基于此,本研究在揭示孤独症儿童自我加工的认知神经机制(研究2)的基础上,尝试通过TMS对ASD儿童自我加工脑区进行针对性的干预,探索其对ASD儿童社交能力改善的有效性,并在训练结束后,进行追踪研究,进而考察自我干预训练在改善ASD儿童社交能力方面的长期有效性。本研究拟完成研究目标三:揭示对ASD儿童自我加工的大脑神经干预效

果及其对社会交往能力的影响机制(见图2)。

### 3.2 拟解决的关键学术问题

本研究拟解决的关键科学问题是:

- (1)揭示孤独症谱系儿童自我加工的行为机制;
- (2)揭示孤独症谱系儿童自我加工的认知神经机制;
- (3)基于脑神经可塑性探索有效的自我干预模型以期改善其社交障碍的作用机制。

## 4 研究内容

本研究围绕拟达成的目标,以ASD儿童为研究对象,将主要进行以下几个方面的具体研究(如图4):

### 4.1 研究1:孤独症儿童自我加工的行为机制

#### 4.1.1 研究1.1:ASD儿童自我加工——实体拥有感视角

实验1a拟通过拥有感范式(Ownership paradigm, Gillespie-Smith et al., 2018),探索年龄、语言能力、智力相匹配的ASD和TD儿童在自我加工中的差异,由于ASD表现出更强的自我中心性(Frith & de Vignemont, 2005),对此我们假设,与TD相比,ASD儿童表现出异常增强的物品拥有感。实验设计为:2(组别:ASD, TD)×2(刺激条件:自我, 他人)混合实验。其中,组别为组间变量,刺激条件为组内变量。实验1b在实验1a的基础上采用注视偏好范式,通过眼动追踪技术探讨ASD与TD儿童眼动数据,以测量被试拥有感视角下自我加工异常。

在实验1a和1b通过行为和眼动实验探讨了拥有感视角下ASD和TD儿童的自我加工,但未能深入了解ASD儿童自我加工异常是在自我加工的哪个阶段。因此实验2通过操控记忆加工的不同阶段,探索ASD与TD儿童在编码阶段和提

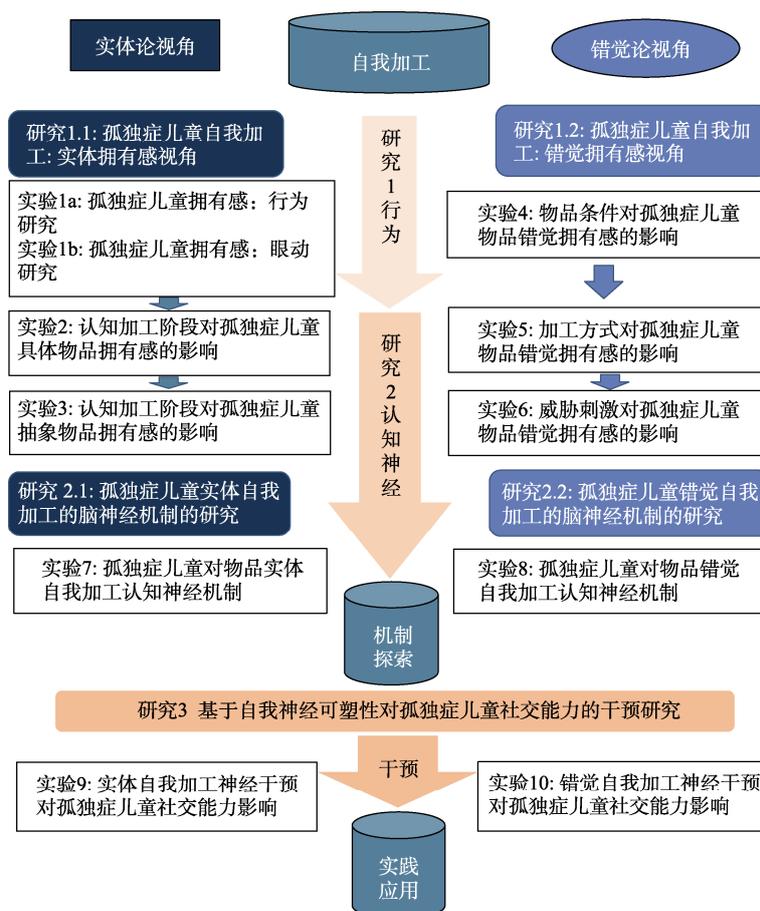


图 4 本研究总体框架图

取阶段的差异, 并提出假设: ASD 和 TD 儿童自我加工在编码和提取条件下存在显著差异。实验设计为: 2 (组别: ASD, TD)  $\times$  2 (加工条件: CIE, CIR)  $\times$  2 (线索: 自我, 他人) 的混合实验。其中, 组别和加工条件为组间变量, 线索为组内变量。其中, CIE (cue-in-encoding) 是在编码阶段呈现自我或他人的线索以构建与刺激的联系, 而在检索阶段不呈现; CIR (cue-in-retrieval) 在检索阶段呈现自我或他人线索以构建与刺激的联系, 编码阶段不呈现。

实验 2 采用实验 1 中的实物图片为材料, 但可能受被试先前经验影响。为排除被试对实物图片中物体先前认知经验所带来的干扰, 实验 3 在实验 2 基础上采用抽象图形作为实验材料, 探索 ASD 和 TD 儿童自我加工过程的异常。实验 3 将抽象几何图形作为实验材料。抽象几何图形由两组正方形组成, 水平方向和垂直方向上的正方形

数量相同(如图 5)。本研究共使用了 36 个抽象几何图形。这 36 个抽象几何图形被随机分成数量相同的两组, 一组为自我, 另一组为他人。

#### 4.1.2 研究 1.2: ASD 儿童自我加工——错觉拥有感视角

实验 4 通过橡胶手错觉范式探讨 ASD 儿童物品错觉拥有感视角下自我加工的异常, 一方面包括从 ASD 和 TD 儿童在视-触刺激同步输入的条件和视-触刺激异步输入条件对自我的影响, 另一方面还探讨在虚拟现实条件下和现实橡胶手实验条件下的儿童拥有感, 以期为虚拟现实技术模拟 ASD 康复的训练场景, 从而助力 ASD 儿童康复训练提供理论依据。因此, 提出如下假设: (1) 视-触刺激同步输入的条件下身体拥有感显著高于视-触刺激异步输入条件; (2) 沉浸式虚拟现实条件下物品错觉拥有感显著高于橡胶手条件; (3) ASD 在物品错觉拥有感显著低于 TD 儿童。实验设计

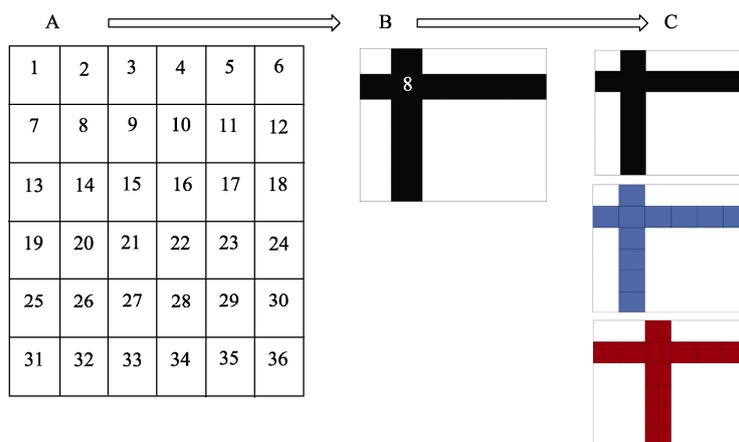


图 5 刺激的形成过程。本研究中使用的刺激物包括一组 36 个抽象几何图形

注：抽象几何图形是由一系列水平排列的方块和一个垂直排列的方块组成。水平和垂直方向上的方块数量总是相同的。(A) 中的 36 个数字代表两个系列交叉的空间和 36 个刺激物。(B) 显示出抽象几何图形的不同之处在于下面和上面的方格数，以及重叠方格的左边和右边。(C) 为两个抽象几何图形的例子。

为：2 (组别：ASD, TD) × 2 (实验条件：视-触刺激同步输入，视-触刺激异步输入) × 2 (物品条件：橡胶手，虚拟现实手) 的混合实验。

橡胶手错觉产生机制分为“自下而上”与“自上而下”的认知匹配。前者涉及被试对视-触觉多感觉信息输入的整合；后者是被试内心已有的对手部特征和摆放位置的心理图式。实验 5 在实验 4 的基础上通过虚拟现实技术进一步探讨拥有感加工方式(自下而上、自上而下)对 ASD 儿童自我加工的影响。实验 5 拟采用 2 (组别：ASD, TD) × 2 (加工机制：自下而上，自上而下) 的混合实验设计。

实验 4 和 5 均拟从感觉偏移量和问卷行为层面探索 ASD 儿童错觉拥有感，而行为问卷层面的反馈可能受儿童认知能力的影响。对此，实验 6 通过加入威胁刺激，从客观生理指标探讨 ASD 和 TD 儿童在橡胶手错觉范式威胁刺激条件下的错觉拥有感异常。威胁刺激下的拥有感能引发皮肤电变化和瞳孔扩张的基本原理是：身体威胁通常会引起自主觉醒的变化(Ehrsson, 2007)。因此，如果一个物体被认定为自己身体的一部分，个体对这个物体的身体威胁就会引发焦虑反应和自主觉醒，就像对自己身体的威胁一样。此外，个体在观看威胁性刺激(愤怒或生气)时瞳孔出现更多扩张(Pickard et al., 2020)。因此，提出如下假设：(1) 在不同刺激条件下 ASD 儿童的拥有感均低于 TD 儿童；(2) 与基线刺激相比，ASD 儿童在威胁情绪的刺激下的拥有感显著增强。实验 6 的实验设计为

2 (组别：ASD, TD) × 2 (实验条件：基线，威胁) 的混合实验。其中，组别为被试间变量，实验条件为被试内变量，因变量皮肤电反应数据。实验 6 采用 Biopac 生理反馈仪(16 导)记录皮肤电反应。

#### 4.2 研究 2：孤独症儿童自我加工神经机制的研究

##### 4.2.1 研究 2.1：ASD 儿童自我加工认知神经机制——实体拥有感视角

实验 7 拟通过拥有感范式探讨 ASD 儿童实体自我加工神经机制，并提出假设：与对照组相比，ASD 儿童的电极点(F3, Fz, F4, FC3, FCz, FC4)的平均波幅显著更低。实验 7 采用 2 (组别：ASD, TD) × 2 (刺激条件：自我，他人) × 6 (电极点：F3, Fz, F4, FC3, FCz, FC4)。其中，组别为组间变量，刺激条件为组内变量。因变量为电极点(F3, Fz, F4, FC3, FCz, FC4)的平均波幅，包括 N1 (90~130 ms), P2 (180~260 ms), N2 (280~360 ms), P3 (400~500 ms) 成分。实验 7 中的材料和程序同实验 1a。

数据收集采用德国的 ANT (ANT Neuro EEGO Inc. Germany) 脑电数据记录系统，国际 10-20 系统所扩展的 32 导的电极帽，CPz 为在线参考。离线数据分析时均转为双侧乳突为参考点。头皮与电极间的阻抗小于 10 kΩ。脑电信号的采样率 500 Hz。通过在 Matlab 运行的 EEGLAB 插件 ERPLAB 上进行分析。首先将参考点转换为双侧乳突，然后经过手动剪切、带通滤波(低通 30 Hz, 高通 0.1 Hz)、独立成分分析、分段(-200~800 ms)、基线矫正(-200~0 ms)、去伪迹(± 80 uV)，最后叠加

平均。分析成分包括 N1 (90~130 ms), P2 (180~260 ms), N2 (280~360 ms), P3 (400~500 ms)。根据地形图以及以往研究发现自我加工主要激活前额叶脑区, 选取前额叶区域的 6 个电极点(F3, Fz, F4, FC3, FCz, FC4)进行分析。

对图片诱发的脑电波幅数据采用重复测量方差分析(ANOVA)的方法进行分析, 本实验根据电极与头皮分布之间的关系, 根据所有被试的总平均波形特征, 对脑电数据进行分析。具体地, 在 80~120 ms 时间窗口(O1/O2)下关注 P1 成分; 在 140~190 ms 的时间窗口下(P7/P8)关注 N170 成分; 在 220~320 ms 的时间窗口(O1/O2/P7/P8)下观测 EPN 成分; 在 400~600 ms 的时间窗口(C3/C4)下观测 LPP 成分。

#### 4.2.2 研究 2.2: ASD 儿童自我加工认知神经机制——错觉拥有感视角

实验 8 通过镜像手错觉范式探讨 ASD 儿童错觉拥有感的神经机制, 并提出如下假设: 与对照组相比, ASD 儿童的单侧化准备电位(lateralized readiness potential, LRP)的平均波幅显著更低。采用 3 (组别: ASD, TD) × 2 (实验条件: 直接观察, 镜面反射)的混合实验设计。其中, 组别为被试间变量, 实验条件为被试内变量。因变量为 LRP 波幅。

实验中, 被试进行单手的伸展-弯曲运动, 在伸展运动中, 四个手指打开远离拇指; 在弯曲运动中, 合上手指使之触摸到拇指。手部运动的速度是由随机的听觉哔声所控制, 听觉哔声设置为 1 Hz 至 1.5 Hz 的随机抖动(每 1 到 1.5 s 发出 1 次哔声), 即每 1 到 1.5 s 完成一次伸展-弯曲运动。每种条件均包含 90 次运动。被试在安静的实验室里完成此次实验。被试舒适地坐在桌前的椅子上, 桌上放有一个镜盒。运动手放在镜子前面, 同时静息手, 即没有分配运动任务的手藏在镜子后面而在被试的视线之外。在每种实验条件下, 连续进行 3 个系列的 30 次手部运动, 在前 2 个系列之间有一个 5 s 的小停顿。在不同的实验条件间有 5 分钟的休息。在整个实验过程中, 静息手一直放在镜子后面, 并用黑的、不透明的盖子盖住, 以确保其完全不在被试的视野中。在镜像条件下, 将黑的不透明的盖子放在运动手的上方, 以避免被试直接看到该手。在直接观察条件下, 将镜子遮挡起来以防止被试被镜像的周边视觉所干扰。EEG 记录与数据分析同实验 7。

#### 4.3 研究 3: 基于神经可塑性对 ASD 儿童自我和社交能力的干预

研究 1 采用 8 个系列实验通过行为、眼动、皮肤电、虚拟现实等技术, 从行为层面探索 ASD 儿童自我加工机制。在此基础上, 研究 2 通过脑电实验从认知神经层面探索 ASD 儿童自我加工机制。经颅磁刺激是一种非侵入的、安全的无创脑刺激技术, 研究 3 拟采用重复经颅磁刺激(repeated Transcranial Magnetic Stimulation, rTMS)对 ASD 的自我加工进行干预, 考察 rTMS 对 ASD 自我加工能力和社交能力改善的有效性, 以及其持续性, 为 ASD 症状的缓解、减轻和康复提供新的视角。

##### 4.3.1 研究 3.1: 实体自我加工神经干预对 ASD 儿童社交能力影响

实验 9 采用脑神经的干预方法, 基于研究 2.1 的研究结果, 考察 rTMS 对实体自我加工的认知神经干预对 ASD 儿童自我感知能力和社会交往能力改善的有效性, 提出如下假设: (1)与对照组相比, 实验组儿童的自我拥有感感知能力显著提高; (2)与对照组相比, 实验组儿童的社会交往能力显著提高。实验 9 采用 2 (被试组: 实验组、对照组) × 3 (测验时间: 前测、后测、追踪)的混合实验设计, 其中被试组为被试间变量, 测验时间为被试内变量, 因变量为被试《社会交往问卷》得分, 《儿童觉知量表》得分。

干预前后测量实验组和控制组儿童的被试《社会交往问卷》得分, 《儿童觉知量表》得分。对实验组的被试, 使用 YRDCCY-1 刺激器, 90 mm 8 字形线圈(B9076)进行 rTMS 干预。以 10 Hz 频率刺激 2.1 研究结果的脑区, 单次治疗共 20 组脉冲串, 每组 50 次脉冲, 持续 5 s。脉冲串的间隔为 30 s, 共产生 1000 个脉冲刺激, 总持续时间为 11 分钟 40 秒。治疗为期 4 周, 每周 5 天。在治疗前基线时测量所有被试的静息运动阈值(Resting Motor Threshold, RMT), rMT 被设置在 10 次连续刺激中可观察到肌肉收缩 5 次所需要的强度, 最终治疗刺激强度设置为 rMT 的 110%。本研究根据研究组患者的平均耐受程度最终选用 65% 最大机器输出作为研究组患者的治疗强度。实验组的被试接受为期 4 周、每周 5 次的 rTMS 干预, 而对照组被试不接受 rTMS 干预, 干预流程图见图 6。干预组和对照组在干预结束后 4 周再次进行测验(追踪), 以探究干预效果的持续性。



图 6 干预流程图

#### 4.3.2 研究 3.2: 错觉自我加工神经干预对 ASD 儿童社交能力影响

实验 10 采用脑神经的干预方法, 基于研究 2.2 的研究结果, 考察 rTMS 对实体自我加工的认知神经干预对 ASD 儿童自我感知能力和社会交往能力改善的有效性, 提出如下假设: (1) 与对照组相比, 实验组儿童的自我拥有感感知能力显著提高; (2) 与对照组相比, 实验组儿童的社会交往能力显著提高。实验 10 采用 2 (被试组: 实验组、对照组)  $\times$  3 (测验时间: 前测、后测、追踪) 的混合实验设计, 其中被试组为被试间变量, 测验时间为被试内变量, 因变量为被试《社会交往问卷》和《儿童知觉量表》得分。

具体实验操作流程与实验 9 相同。但实验 10 对于刺激位点的定位, 基于 10-20 国际脑电图电极放置系统, 研究 2.2 结果的大脑区域点作为本研究的刺激位点。治疗过程中要求被试平躺于治疗床, 佩戴防噪音耳塞, 保持不动, 操作放置线圈的相关人员需要时刻关注被试的状态并保持刺激线圈中心全程位于原定刺激位点 M1 区域且紧贴于患者头皮。实验组的被试接受为期 4 周、每周 5 次的 rTMS 干预, 而对照组被试不接受 rTMS 干预。干预组和对照组在干预结束后 4 周再次进行测验(追踪), 以探究干预效果的持续性。

## 5 理论建构与创新点

本研究基于已有的自我实体论与错觉论, 从统一的拥有感视角出发, 通过系列实验探索并结

合行为、眼动、生理指标构建 ASD 自我加工行为机制。并在此基础上通过脑电实验探索 ASD 自我加工认知神经机制, 以厘清 ASD 儿童自我加工的本质, 明确其自我加工的异常, 以期为 ASD 儿童的诊断标准提供理论依据。并以此为基础, 基于脑神经的可塑性进行 ASD 儿童自我加工认知神经干预训练, 分析 ASD 儿童自我认知训练对其社交能力的影响, 进而构建 ASD 儿童的自我加工对其社交能力影响的多模态模型, 提供临床诊断的理论依据, 并进一步形成干预治疗的策略范式。

本研究的创新与特色主要体现在以下方面: 首先, 研究视角的创新。本项目在已有研究的基础上, 整合自我的哲学基础, 以自我实体论和自我错觉论的交叉点拥有感为视角, 系统探索 ASD 儿童的自我加工机制。其次, 理论机制的创新。本项目拟采用通过行为、眼动、皮肤电和 VR 等技术, 探讨 ASD 儿童的自我加工异常的多模态心理行为机制。并且, 在揭示其心理行为机制的基础上, 进一步对 ASD 儿童自我加工异常的认知神经机制进行探讨。最后, 临床实践的创新。本项目拟在揭示 ASD 儿童的多模态自我加工机制的基础上, 基于认知神经可塑性, 对 ASD 儿童自我加工异常的脑机制进行干预, 并考察这种干预对其社会交往能力的改善效果及持久性。

## 参考文献

- 付蕊, 徐桂芝, 朱海军, 丁冲. (2021). 经颅磁刺激对学习记忆及大脑神经突触可塑性影响的研究进展. *生物医学工程学报*, 38(4), 783-789.

- 贺荟中, 范晓壮, 王露, 唐书琪, 胡云, 王雅蕙. (2021). 自闭症谱系障碍个体共同注意干预成效的元分析——来自单一被试研究的证据. *中国特殊教育*, 257(11), 36–42.
- 胡金生, 李骋诗, 王琦, 李松泽, 李涛涛, 刘淑清. (2018). 孤独症青少年的情绪韵律注意偏向缺陷: 低效率的知觉模式. *心理学报*, 50(6), 637–646.
- 黄钰杰, 赵荣, 克丽比努尔·艾尔肯, 李晶晶, 王俊琪, 潘海萍, 高军. (2023). 自闭症谱系障碍的社会功能障碍: 触觉与催产素. *心理科学进展*, 31(5), 800–814.
- 马书采, 李孟春, 乔宇, 何欢, 罗曼玲. (2023). 回合式教学法的有效学习: 来自自闭症儿童职前教师的证据. *心理学报*, 55(2), 237–256.
- 宋永宁, 俞晨曦, 夏榕. (2021). 自闭谱系障碍: 一种主动性的社会认知控制缺陷. *心理科学*, 44(3), 745–753.
- 孙梦麟. (2019). *中国孤独症教育康复行业发展状况III发布*[EB/OL]. [http://www.china.org.cn/chinese/2019-04/12/content\\_74673984.htm](http://www.china.org.cn/chinese/2019-04/12/content_74673984.htm)
- 张静, 陈巍. (2017). 意识科学中自我的建构论: 超越实体论与错觉论之争. *苏州大学学报(教育科学版)*, 5(3), 12–23.
- 张静, 李恒威. (2016). 自我表征的可塑性: 基于橡胶手错觉的研究. *心理科学*, 39(2), 299–304.
- American Psychiatric Association. (2013). *Diagnostic and statistical Manual of mental disorders* (5th ed.). <https://doi.org/10.1176/appi.books.9780890425596>
- Bahado-Singh, R. O., Vishweswaraiyah, S., Aydas, B., Mishra, N. K., Yilmaz, A., Guda, C., & Radhakrishna, U. (2019). Artificial intelligence analysis of newborn leucocyte epigenomic markers for the prediction of autism. *Brain Research*, 1724, 146457. <https://doi.org/10.1016/j.brainres.2019.146457>
- Bao, V. A., Doobay, V., Mottron, L., Collignon, O., Bertone, A. (2017). Multisensory integration of low-level information in autism spectrum disorder: Measuring susceptibility to the flash-beep illusion. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 47(8), 2535–2543. doi: 10.1007/s10803-017-3172-7
- Blanke, O., & Metzinger, T. (2009). Full-body illusions and minimal phenomenal selfhood. *Trends in Cognitive Sciences*, 13(1), 7–13. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2008.10.003>
- Cascio, C. J., Foss-Feig, J. H., Burnette, C. P., Heacock, J. L., & Cosby, A. A. (2012). The rubber hand illusion in children with autism spectrum disorders: delayed influence of combined tactile and visual input on proprioception. *Autism*, 16(4), 406–419. doi:10.1177/1362361311430404
- Deltort, N., Swendsen, J., Bouvard, M., Cazalets, J. R., & Amestoy, A. (2022). The enfacement illusion in autism spectrum disorder: How interpersonal multisensory stimulation influences facial recognition of the self. *Frontiers in Psychiatry*, 13, 946066. doi:10.3389/fpsy.2022.946066
- Duda, M., Zhang, H., Li, H. D., Wall, D. P., Burmeister, M., & Guan, Y. (2018). Brain-specific functional relationship networks inform autism spectrum disorder gene prediction. *Translational Psychiatry*, 8(1), 56. <https://doi.org/10.1038/s41398-018-0098-6>
- Ehrsson, H. H. (2007). The experimental induction of out-of-body experiences. *Science*, 317, 1048–1062. <https://doi.org/10.1126/science.1142175>
- Feng, M., & Xu, J. C. (2023). Detection of ASD children through deep-learning application of fMRI. *Children*, 10(10), 1654. <https://doi.org/10.3390/children10101654>
- Frith, U., & de Vignemont, F. (2005). Egocentrism, allocentrism and Asperger syndrome. *Consciousness and Cognition*, 14(4), 719–738. <https://doi.org/10.1016/j.concog.2005.04.006>
- Gillespie-Smith, K., Ballantyne, C., Branigan, H. P., Turk, D. J., & Cunningham, S. J. (2018). The I in autism: Severity and social functioning in autism are related to self-processing. *British Journal of Developmental Psychology*, 36(1), 127–141. <https://doi.org/10.1111/bjdp.12219>
- Grainger, C., Williams, D. M., & Lind, S. E. (2014). Online action monitoring and memory for self-performed actions in autism spectrum disorder. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 44(5), 1193–1206. <https://doi.org/10.1007/s10803-013-1987-4>
- Lind, S. E., & Bowler, D. (2009). Delayed self-recognition in children with autism spectrum disorder. *Journal of Autism & Developmental Disorders*, 39(4), 643–650. <https://doi.org/10.1007/s10803-008-0670-7>
- Lombardo, M. V., Chakrabarti, B., Bullmore, E. T., Sadek, S. A., Pasco, G., Wheelwright, S. J., & Baron-Cohen, S. (2010). Atypical neural self-representation in autism. *Brain*, 133(Pt 2), 611–624. <https://doi.org/10.1093/brain/awp306>
- Makoto, W.C.A., Masakazu, I., Hanako, I., Misako, S., Ari, T., Mayuko, S., ... Makoto, M. (2020). Cutaneous and stick rabbit illusions in individuals with autism spectrum disorder. *Scientific Reports*, 10(1), 1665. doi: 10.1038/s41598-020-58536-z
- Mash, L. E., Keehn, B., Linke, A. C., Liu T., Helm, J. L., Haist, F., Townsend, J., & Müller, R. A. (2020). Atypical relationships between spontaneous EEG and fMRI activity in autism. *Brain Connectivity*, 10(1), 18–28. <https://doi.org/10.1089/brain.2019.0693>
- Paton, B., Hohwy, J., & Enticott, P.G. (2012). The rubber hand illusion reveals proprioceptive and sensorimotor differences in autism spectrum disorders. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 42(9), 1870–1883. doi:10.1007/s10803-011-1430-7.
- Pickard, H., Hirsch, C., Simonoff, E., & Happe, F. (2020). Exploring the cognitive, emotional and sensory correlates of social anxiety in autistic and neurotypical adolescents. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 61(12), 1317–1327. <https://doi.org/10.1111/jcpp.13214>
- Pierce, J. L., Kostova, T., & Dirks, K. T. (2003). The state of psychological ownership: Integrating and extending a century of research. *Review of General Psychology*, 7(1), 84–107. <https://doi.org/10.1037/1089-2680.7.1.84>
- Qin, P., Grimm, S., Duncan, N. W., Fan, Y., Huang, Z., Lane, T., ... Northoff, G. (2016). Spontaneous activity in default-mode network predicts ascription of self-relatedness to stimuli. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*,

- 11(4), 693–702. <https://doi.org/10.1093/scan/nsw008>
- Qin, P., Wang, M., & Northoff, G. (2020). Linking bodily, environmental and mental states in the self-A three-level model based on a meta-analysis. *Neuroscience Biobehavior Review*, 115, 77–95. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2020.05.004>
- Schopler, E., Reichler, R. J., Devellis, R. F., & Daly, K. (1980). Toward objective classification of childhood autism: Childhood autism rating scale (CARS). *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 10(1), 91–103.
- Toichi, M., Kamio, Y., Okada, T., Sakihama, M., Youngstrom, E. A., Findling, R. L., & Kokichi, Y. (2002). A lack of self-consciousness in autism. *American Journal of Psychiatry*, 159(8), 1422–1424. <https://doi.org/10.1176/appi.ajp.159.8.1422>
- Tsakiris, M., Schütz-Bosbach, S., & Gallagher, S. (2007). On agency and body-ownership: Phenomenological and neurocognitive reflections. *Consciousness and Cognition*, 16(3), 645–660. <https://doi.org/10.1016/j.concog.2007.05.012>
- Vogel, D., Falter-Wagner, C. M., Christine, M., Schoofs, T., Krämer, K., Kupke, C., & Vogeley, K. (2019). Interrupted time experience in autism spectrum disorder: empirical evidence from content analysis. *Journal of Autism & Developmental Disorders*, 49(1), 22–33. <https://doi.org/10.1007/s10803-018-3771-y>
- Williams, D. M., & Happé, F. G. E. (2009). Pre-conceptual aspects of self-awareness in autism spectrum disorder: The case of action-monitoring. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 39(2), 251–259. <https://doi.org/10.1007/s10803-008-0619-x>
- Williams, D. M., Nicholson, T., & Grainger, C. (2018). The self reference effect on perception: Undiminished in adults with autism and no relation to autism traits. *Autism Research*, 11(2), 331–341. <https://doi.org/10.1002/aur.1891>
- Williams, D., & Happé, F. (2010). Representing intentions in self and other: Studies of autism and typical development. *Developmental Science*, 13(2), 307–319. <https://doi.org/10.1111/j.1467-7687.2009.00885.x>
- Yi, L., Quinn, P. C., Fan, Y., Huang, D., Feng, C., Joseph, L., Li, J., & Lee K. (2016). Children with autism spectrum disorder scan own-race faces differently from other-race faces. *Journal of Experimental Child Psychology*, 141, 177–186. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2015.09.011>
- Zablotsky, B., Black, L. I., & Blumberg, S. J. (2017). Estimated prevalence of children with diagnosed developmental disabilities in the United States, 2014–2016. *US Department of Health and Human Services, Centers for Disease Control (NCHS) Data Brief*, 291, 1–8.
- Zhou, J., Park, C. Y., Theesfeld, C. L., Wong, A. K., Yuan, Y., Scheckel, C., ... Troyanskaya, O. G. (2019). Whole-genome deep-learning analysis identifies contribution of noncoding mutations to autism risk. *Nature Genetics*, 51(6), 973–980. <https://doi.org/10.1038/s41588-019-0420-0>

## Self-processing mechanisms and interventions for children with autism spectrum disorders

ZHOU Aibao<sup>1</sup>, YUAN Yue<sup>2</sup>

<sup>(1)</sup> School of Psychology, Northwest Normal University, Lanzhou 730037, China)

<sup>(2)</sup> School of Education, Yunnan Minzu University, Kunming 650031, China)

**Abstract:** Autism Spectrum Disorder (ASD) is a neurodevelopmental condition marked by difficulties in social communication, with the etiology of its symptoms yet to be fully understood. Recognizing the self is essential for social cognition, and self-awareness is central to this process. We hypothesize that abnormal self-processing may be a key factor contributing to the social communication impairments in ASD. In light of this, our forthcoming study will focus on the sense of self as a starting point to explore the behavioral and neurological mechanisms of self-processing in ASD. We plan to conduct a series of self-processing experiments, utilizing a combination of behavioral, eye-tracking, electrodermal, and EEG data, to uncover the self-processing characteristics in children with ASD. Based on these findings, we intend to develop a cognitive-neural intervention program for self-processing in ASD, leveraging the brain's neuroplasticity. The intervention will be designed to analyze the effects of self-cognitive training on the social competence of children with ASD. Our goal is to construct a multi-modal framework that elucidates the impact of self-processing on social competence in these children, thereby providing a theoretical basis for clinical diagnosis and aiding in the development of intervention strategies for ASD.

**Keywords:** self cognition; self reference; autism spectrum disorder; sense of ownership