

• 儿童青少年心理卫生 •

孤独症谱系障碍 儿童动作模仿及眼动特征^{*}

高媛媛^{1,2} 刘智妹³ 何亚平^{1,2} 陈丹丹³ 李盼盼⁴ 陈爱国³ 魏高峡^{1,2}

(¹ 中国科学院心理研究所行为科学重点实验室, 北京 100101 ² 中国科学院大学心理系, 北京 100101 ³ 扬州大学体育学院, 江苏扬州 225009 ⁴ 淮北师范大学, 安徽淮北 235000 通信作者: 魏高峡 weigx@psych.ac.cn; 陈爱国 agchen@yzu.edu.cn)

【摘要】目的: 探索孤独症谱系障碍 (ASD) 儿童的动作模仿及眼动特征。方法: 选取符合精神障碍诊断与统计手册第 5 版 (DSM-5) ASD 诊断标准的学龄儿童 52 例, 年龄相匹配的正常对照儿童 30 例。采用儿童孤独症评定量表 (CARS) 评估 ASD 儿童的症状严重程度, 以无意义手势模仿任务范式评价动作模仿水平, 眼动追踪技术记录眼动数据。结果: 与正常对照儿童相比, ASD 儿童的任务观察时间和兴趣区 (ROI) 时间较长, ROI 比例较低, 模仿分数较低 (均 $P < 0.01$)。回归分析显示, ASD 儿童任务观察时间与模仿分数负向关联 ($\beta = -0.55$, $P < 0.01$), ROI 比例与模仿分数正向关联 ($\beta = 0.31$, $P < 0.01$)。结论: ASD 儿童存在动作观察缺陷, 并可能是 ASD 儿童动作模仿的特点之一。

【关键词】 孤独症谱系障碍; 模仿; 动作观察; 眼动

中图分类号: R749.94, B844.1 文献标识码: A 文章编号: 1000-6729 (2023) 001-0030-05

doi: 10.3969/j.issn.1000-6729.2023.01.006

(中国心理卫生杂志, 2023, 37 (1): 30-34.)

Characteristics of action imitation and eye movement in children with autism spectrum disorder

GAO Yuanyuan^{1,2}, LIU Zhimei³, HE Yaping^{1,2}, CHEN Dandan³, LI Panpan⁴, CHEN Aiguo³, WEI Gaoxia^{1,2}

¹Institute of Psychology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China ²Department of Psychology, University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China ³College of Physical Education, Yangzhou University, Yangzhou 225009, Jiangsu Province, China ⁴HuaiBei Normal University, HuaiBei 235000, Anhui Province, China

Corresponding authors: WEI Gaoxia, weigx@psych.ac.cn; CHEN Aiguo, agchen@yzu.edu.cn

【Abstract】Objective: To explore the characteristics of action imitation and eye movement in children with autism spectrum disorder (ASD). **Methods:** Fifty-two children with ASD meeting the diagnostic criteria of the Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders, Fifth Edition (DSM-5) and 30 age-matched typical development children were selected. The score of Children Autism Rating Scale (CARS), the performance of imitation task on meaningless gestures and their eye movements data during action observation were collected. Group differences in all metrics of eye movements and imitation scores were compared between the two groups. For the ASD group, correlation analysis and ridge regression analysis were performed on the relationship between eye movement metrics and imitation scores. **Results:** The children with ASD took longer duration of action observation, longer region of interest (ROI) fixation duration, lower proportion of ROI and lower action imitation scores than the normal control children ($P_s < 0.01$). Ridge regression analyses showed that the duration of action observation was negatively associated with ($\beta = -0.55$) and the proportion of ROI was positively associated with ($\beta = 0.31$) the action imitation scores in the ASD children ($P_s < 0.01$). **Conclusion:** It suggests that action observation defects exist in children with autism spectrum disorder, which may be one of characteristics of their action imitation.

【Key words】 autism spectrum disorder; imitation; action observation; eye tracking

(Chin Ment Health J, 2023, 37 (1): 30-34.)

* 基金项目: 国家自然科学基金 (31671163)

模仿是一种重要的社会认知行为,正常儿童能通过模仿学习工具行为和社会文化行为,获得对人和行为的理解,进而促进认知的发展^[1-2]。而孤独症谱系障碍 (autism spectrum disorder, ASD) 儿童的动作模仿能力发展明显滞后和不足^[3],且与其多方面能力的发展迟滞都有显著关联。例如,纵向研究发现,ASD 儿童在 20 个月大时的动作模仿能力可以预测其 42 个月大时的语言能力^[4];2 岁时使用物体模仿动作的能力与其 1 年后的游戏技能发展水平高度相关^[5]。动作模仿能力的改善可以使 ASD 儿童的游戏、共同注意等社交行为表现均得以附带改善^[6]。由此可见,动作模仿能力的提高对 ASD 儿童诸多社会交往功能的重建具有重要的价值。了解 ASD 儿童动作模仿的特点,有助于有的放矢地实施靶向训练,从而提高 ASD 儿童的模仿能力,改善其临床症状。

模仿是借助于观察他人动作来实现的对他人动作方式和结果的复制。动作观察不仅是动作模仿的重要前提,动作观察过程中的视觉信息加工还直接影响着模仿的准确性^[7]。以往研究发现,ASD 儿童在动作观察的诸多环节都存在异常表现。例如,ASD 儿童观察目标时的凝视点与正常儿童相比具有更大的分散性,在视觉信息加工阶段还存在视觉与运动的匹配困难,这些动作观察环节的异常表现均与 ASD 儿童的动作模仿水平具有一定的相关性^[8-9]。但目前,还未见有直接证据阐明 ASD 儿童的动作观察表现与其动作模仿水平之间的关联,动作观察缺陷是否是 ASD 儿童动作模仿的典型特点,尚未得到论证。眼动追踪技术能通过精确测量眼球运动轨迹获取客观、量化和精准的动作观察数据^[10],是解析动作观察过程的直观便利手段,鉴于此,本研究拟采用眼动追踪技术,客观记录 ASD 儿童在动作观察时的眼动数据,探索 ASD 儿童动作观察的眼动特征与其动作模仿水平关系。

本研究假设 1: ASD 儿童动作观察的眼动指标与其动作模仿水平具有显著关联;研究假设 2: ASD 儿童动作观察的眼动指标与其 ASD 症状严重程度相关。

1 对象与方法

1.1 对象

使用 G* Power 软件进行样本量计算。根据以

往研究,ASD 个体的动作模仿表现比正常个体平均低 0.81 个标准差^[11],因此设 effect size $d=0.8$,并设 $\alpha=0.05$, $1-\beta=0.8$,计算出 ASD 组和正常对照组最少样本量均为 26 例。为避免样本量不足而影响统计功效,拟在此基础上扩大样本量。ASD 组:被试儿童来源于 2020 年 9 月在扬州市某儿童发展中心招募的接受学龄特殊教育 1~6 年的 ASD 学龄儿童 79 例。入组标准:①6~18 岁;②经临床医生确诊,符合精神障碍诊断与统计手册第 5 版 (Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders, Fifth Edition, DSM-5)^[12] ASD 诊断标准;③无既往头外伤;④肢体健全,右利手,且手部活动不受限。排除标准:①经临床医生确诊,共患精神障碍或癫痫;②对唤其姓名没有反应或无法接受主试引领。最终纳入 52 例 ASD 儿童,男性 47 例,女性 5 例,年龄 6~17 岁,平均年龄 (9 ± 3) 岁。正常对照组:被试儿童为 2021 年 1 月从普通小学 1~6 年级招募的正常发育儿童。入组标准:①6~18 岁;②无既往头外伤、精神或神经疾病病史;③肢体健全,右利手,且手部活动不受限;④可配合完成模仿任务。共入组 30 例正常儿童,男性 26 例,女性 4 例,年龄 6~12 岁,平均年龄 (9 ± 2) 岁。两组儿童的性别 ($Z=-1.32$, $P=0.187$)、年龄 ($t=-0.01$, $P=0.996$) 差异无统计学意义。本研究通过扬州市妇幼保健院伦理道德委员会批准,监护人均签署知情同意书。

1.2 工具

1.2.1 刺激材料

动作模仿材料由 Goldenberg 的无意义手势图片^[13]改编而成。无意义手势模仿依赖于动作观察与动作匹配^[14],利于排除其他认知因素干扰研究动作观察与动作模仿之间的关联。由一名中国青年女性示范,将 10 个手势动作拍摄成 10 张分辨率为 1920 pixel \times 1080 pixel 的照片作为刺激图片。示范手势、人像与背景的比例均以原实验材料为标准。改编材料分半信度 $r=0.80$, $P<0.001$ 。

1.2.2 眼动数据采集设备

使用戴尔 15.6 寸笔记本电脑通过 Tobii Pro Lab 软件 (Tobii Technology, Stockholm, Sweden) 呈现刺激图片, Tobii250 红外眼动仪被安置在电脑屏幕下方用于采集眼动数据。眼动仪采样率为 250 Hz,精确度为 0.04°RMS,准确度为 0.3°,

www.cmhj.cn

被试双眼距屏幕中心 65 cm 时的头动自由度为 40 cm × 25 cm (宽 × 高)。

1.2.3 儿童孤独症评定量表 (Childhood Autism Rating Scale, CARS)^[15]

用于评估 ASD 儿童的症状严重程度。CARS 由 15 个条目组成, 每个条目按 1 (与年龄相当) ~ 4 (严重异常) 4 级评分, 最高得分 60 分。CARS 评分越高代表症状越严重, 30 ~ 37 分可评估为轻到中度 ASD, 37 ~ 60 分可评估为重度 ASD。CARS 具有良好的信度^[16], 并与 DSM-5 有很高的一致性^[17]。由扬州市妇幼保健院专业医生对 ASD 组儿童进行 CARS 评估。

1.3 测量程序

被试在安静环境中选取舒适坐姿, 双眼距离屏幕中心 65 cm 左右。主试用五点校准程序进行校准。固定的刺激图片在手势模仿的过程中一直呈现, 直到被试按要求完成一个手势模仿后, 由主试按键进入下一个刺激图片的呈现。用眼动仪记录整个过程中的眼动数据和各种反应时间。

动作模仿评分。为了排除精细动作能力的影响, 动作模仿评分主要考察手的位置、姿势、朝向正确与否。采用 4 等级评分, ①图片呈现后立即模仿正确得 3 分; ②图片呈现后, 经过自己调整, 但不需提示, 模仿正确得 2 分; ③自己无法调整正确, 经过主试口头提示模仿正确得 1 分; ④经提示不能模仿正确以及对指令没有反应计 0 分。模仿任务总分为 0 ~ 30 分。由 2 名经过标准化测试培训的主试按评分规则共同评分。

眼动指标的选取。在 Tobii Pro Lab 软件中, 对每张图片沿手部外延 1 cm 手动绘制兴趣区 (re-

gion of interest, ROI), 并选取眼动指标。①任务观察时间: 从图片开始呈现到第一个注视点落入 ROI 的时长为任务觉察时间, 10 张图片的平均呈现时间减去平均任务觉察时间即为任务观察时间。②ROI 时间: 即 10 张图片的平均 ROI 注视时长。③ROI 比例: ROI 时间与任务观察时间的比值。④ROI 访问次数: 受测者注视 ROI 后, 视线转移到其他地方再移回 ROI 的次数。⑤眼跳振幅: 眼球在注视点与注视点之间移动的角度。

1.4 统计方法

采用 SPSS 23.0 软件进行所有数据的描述性统计分析、差异性检验和相关性检验, 在 SPSSAU 智能统计分析平台进行回归模型分析。符合正态分布的计量数据采用 (均数 ± 标准差) 表示, 采用 *t* 检验进行组间比较, 采用 Pearson 相关进行相关分析; 非正态分布的计量数据采用中位数 (最小值, 最大值) 表示, 采用 Mann-Whitney U 检验进行组间比较, 采用 Spearman 等级相关进行相关分析。相关性检验在进行 Bonferroni 校正后, 以 *P* < 0.01 为有统计学意义。采用岭回归 (ridge regression) 分析, 以模仿分数相关的眼动指标为自变量, 以模仿分数为因变量, 分析动作观察的眼动指标与模仿分数的关联程度, 以 *P* < 0.05 为有统计学意义。

2 结 果

2.1 眼动指标及模仿分数的组间差异

组间差异分析结果显示, ASD 组的任务观察时间、ROI 时间长于正常对照组, ROI 比例低于正常对照组, ROI 访问次数、眼跳振幅大于正常对照组, 模仿分数低于正常对照组 (表 1)。

表 1 ASD 组与正常对照组眼动指标及模仿分数的组间差异

研究变量及效应量	ASD 组 (<i>n</i> = 52)	正常对照组 (<i>n</i> = 30)	<i>t</i> / <i>Z</i> 值	<i>P</i> 值
任务观察时间/s	9.3 ± 4.2	2.0 ± 0.6	11.75	<0.001
ROI 时间/s	1.5 ± 0.9	1.9 ± 0.7	-2.19	0.032
ROI 比例	0.140 (0.004, 0.616)	0.610 (0.143, 0.841)	-5.90	<0.001
ROI 访问次数	2 (1 ~ 4)	1 (1 ~ 2)	-6.81	<0.001
眼跳振幅/°	4.2 ± 1.5	3.0 ± 0.7	4.98	<0.001
模仿得分	18 (0, 30)	30 (26, 30)	-6.74	<0.001

注: ASD, 孤独症谱系障碍; ROI, 兴趣区。

2.2 眼动指标与模仿分数的关联

相关分析显示, ASD 组的任务观察时间与模

仿分数呈负相关 ($r = -0.73, P < 0.001$); ROI 比例与模仿分数呈正相关 ($r = 0.52, P < 0.001$); ROI 时间、ROI 访问次数及眼跳振幅与模仿分数的相关关系无统计学意义 (均 $P > 0.05$)。正常对照组的任务观察时间与模仿分数呈负相关 ($r = -0.62, P < 0.001$); ROI 访问次数与模仿分数呈负相关 ($r = -0.39, P = 0.036$); ROI 时间、ROI 比例和眼跳振幅与模仿分数的相关关系无统计学意

义 (均 $P > 0.05$)。

岭回归分析结果发现, ASD 组的任务观察时间与模仿分数有负向关联 ($\beta = -0.55, P < 0.001$), 即动作观察需要的时间越长, 模仿分数越低。此外, ROI 比例与模仿分数则有正向关联 ($\beta = 0.31, P = 0.001$), 即 ROI 比例越低, 模仿分数越低。

表 2 模仿分数影响因素的岭回归分析结果

因变量	自变量	偏回归系数		<i>t</i> 值	<i>P</i> 值	标准化偏回归系数	<i>R</i> ²	<i>R</i> _{adj} ²
		系数 (β /Coef)	标准误 (<i>SE</i>)			<i>Beta</i>		
模仿分数	任务观察时间	-1.17	0.18	-6.45	<0.001	-0.55	0.62	0.60
	ROI 比例	22.48	6.21	3.62	0.001	0.31		

注: ROI, 兴趣区。

2.3 ASD 组眼动指标与 CARS 评分的相关关系

ASD 组 CARS 评分为 34 (30, 42) 分。ASD 组的任务观察时间与 CARS 评分呈正相关 ($r = 0.41, P = 0.005$); ROI 比例与 CARS 评分则呈负相关 ($r = -0.46, P = 0.002$)。

3 讨 论

本研究系统探索了 ASD 儿童动作观察的眼动指标与其动作模仿水平及临床症状严重程度的关系。结果表明, 所测各项眼动指标在 ASD 儿童与正常儿童之间均存在显著差异; 在诸多眼动指标中, 任务观察时间和 ROI 比例与 ASD 儿童的动作模仿分数有显著关联, 且与儿童的 CARS 评分具有相关关系。

研究发现, ASD 儿童的任务观察时间和 ROI 时间显著长于正常儿童, 这提示他们在模仿反应上出现困难。ASD 儿童比正常儿童花费更多的时间反复调整动作, 对刺激手势表现出“视而不见”的观察特征, 并影响了他们的模仿表现, 使他们不能像正常儿童一样正确地模仿。以往研究发现, ASD 个体在动作模仿时无法将观察到的他人的肢体动作与自身的肢体动作建立联系^[9], 本研究发现 ASD 儿童具有“视而不见”的动作观察特征正与之相吻合。来自影像学的证据也表明, 由于视觉系统和运动系统之间的功能连接中断而导致的视觉

- 运动整合 (Visuomotor integration, VMI) 功能障碍与 ASD 人群的动作模仿能力受损显著相关^[18]。VMI 功能异常, 动作观察对运动皮层兴奋性的调节就会出现障碍^[19], 因此, 即使增加观察时间也难以调动 ASD 儿童正确的模仿行为。本研究中, ASD 儿童对刺激手势的“视而不见”大大增加了其任务观察时间却无法引发他们的正常模仿行为, 可能是 VMI 功能异常导致动作观察缺陷的外在表现。此外, ASD 儿童进行动作观察时, ROI 比例显著小于正常儿童、ROI 访问次数显著大于正常儿童、眼跳振幅显著高于正常儿童的研究发现共同提示 ASD 儿童在动作观察时存在异常眼球扫视, 其原因可能与 ASD 儿童的扫视抑制功能受损有关^[20]。以往的视觉研究表明, 扫视和注视相结合有利于视觉定向于观察目标^[21]。本研究明确要求被试儿童模仿刺激图片中的手势, 自上而下的行动计划能编码以目标为导向的眼球扫视运动。正常儿童在追踪到目标后启动扫视抑制、增加对观察目标的凝视, 因此 ROI 比例较大; 但 ASD 儿童可能由于扫视抑制控制受损, 在动作观察的大部分时间里, 视觉无法定向于观察目标, 导致其 ROI 比例显著低于正常儿童。可见, ASD 儿童的 ROI 比例显著异常可能是他们动作观察缺陷的另外一个显性表现。

鉴于对任务观察时间和 ROI 比例的眼动研究

发现,可以认为动作观察缺陷是 ASD 儿童动作模仿的典型特点之一。这一结论为影像学研究所认同的以镜像神经系统为核心的动作观察网络和动作模仿网路的结构和功能受损的观点提供了行为学的证据支持,同时也为今后开展 ASD 儿童动作模仿的干预训练提供了新的启示。然而,本研究没有进行智商分层对比和共患病人群对比,有必要在未来的研究中扩大样本量,进行更为细化的人群分层研究,以完善研究结果,并进一步确认本研究结果的适用范围;更需从临床追踪的角度,采用脑成像等手段对这一研究发现进行进一步验证。

参考文献

- [1] Meltzoff AN, Keith Moore M. Early imitation within a functional framework: the importance of person identity, movement, and development [J]. *Infant Behav Dev*, 1992, 15: 479 - 505. doi: 10.1016/0163-6383(92)80015-M.
- [2] Wang Z, Williamson RA, Meltzoff AN. Imitation as a mechanism in cognitive development: a cross-cultural investigation of 4-year-old children's rule learning [J]. *Front Psychol*, 2015, 6: 562. doi: 10.3389/fpsyg.2015.00562.
- [3] Pittet I, Kojovic N, Franchini M, et al. Trajectories of imitation skills in preschoolers with autism spectrum disorders [J]. *J Neurodev Disord*, 2022, 14: 2. doi: 10.1186/s11689-021-09412-y.
- [4] Stone WL, Yoder PJ. Predicting spoken language level in children with autism spectrum disorders [J]. *Autism*, 2001, 5 (4): 341 - 361. doi: 10.1177/1362361301005004002.
- [5] Stone WL, Ousley OY, Littleford CD. Motor imitation in young children with autism: what's the object? [J]. *J Abnorm Child Psychol*, 1997, 25: 475 - 485. doi: 10.1023/A:1022685731726.
- [6] Ingersoll BR. Teaching children with autism to imitate using a naturalistic treatment approach: effects on imitation, language, play, and social behaviors [D]. University: Pro Quest Dissertations Publishing, 2003.
- [7] Mizuguchi T, Sugimura R, Shimada H, et al. Imitation learning errors are affected by visual cues in both performance and observation phases [J]. *Percept Mot Skills*, 2017, 124: 846 - 863. doi: 10.1177/0031512517705533.
- [8] Liberati A, Fadda R, Doneddu G, et al. A statistical physics perspective to understand social visual attention in autism spectrum disorder [J]. *Perception (London)*, 2017, 46: 889 - 913. doi: 10.1177/0301006616685976.
- [9] Stewart HJ, McIntosh RD, Williams JH. A specific deficit of imitation in autism spectrum disorder [J]. *Autism Res*, 2013, 6: 522 - 530. doi: 10.1002/aur.1312.
- [10] Livens SP, Findlay JM. Saccadic eye movements and cognition [M]. V. 4. London: Elsevier Ltd; 2000: 6 - 14. doi: 10.1016/S1364-6613(99)01418-7.
- [11] Edwards LA. A meta-analysis of imitation abilities in individuals with autism spectrum disorders [J]. *Autism Res*, 2014, 7: 363 - 380. doi: 10.1002/aur.1379.
- [12] Francesmonneris A, Pincus H, First M. Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders: DSM-V [M]. Washington DC: American Psychiatric Association, 2013: 241 - 244.
- [13] Goldenberg G. Imitating gestures and manipulating a mannikin-the representation of the human body in ideomotor apraxia [J]. *Neuropsychologia*, 1995, 33: 63 - 72. doi: 10.1016/0028-3932(94)00104-W.
- [14] Goldenberg G, Karnath HO. The neural basis of imitation is body part specific [J]. *J Neurosci*, 2006, 26: 6282 - 6287. doi: 10.1523/JNEUROSCI.0638-06.2006.
- [15] 陶国泰, 郑毅, 宋维村. 儿童少年精神医学 [M]. 苏州: 江苏科学技术出版社, 2008.
- [16] 殷青云, 陈劲梅, 罗学荣, 等. 孤独症常用量表的信度和效度检验 [J]. *国际医药卫生导报*, 2011, 17 (12): 1470 - 1475. doi: 10.3760/cma.j.issn.1007-1245.2011.12.024.
- [17] 蒙晓梅, 江蕙芸, 马刚, 等. 两种量表在诊断儿童孤独症谱系障碍中的应用价值对比 [J]. *广西医学*, 2018, 40: 503 - 505. doi: 10.11675/j.issn.0253-4304.2018.05.06.
- [18] Nebel MB, Eloyan A, Nettles CA, et al. Intrinsic visual-motor synchrony correlates with social deficits in autism [J]. *Biol Psychiatry*, 2015, 79: 633 - 641. doi: 10.1016/j.biopsych.2015.08.029.
- [19] Théoret H, Halligan E, Kobayashi M, et al. Impaired motor facilitation during action observation in individuals with autism spectrum disorder [J]. *Curr Biol*, 2005, 15: R84 - R85. doi: 10.1016/j.cub.2005.01.022.
- [20] Johnson BP, Lum JA, Rinehart NJ, et al. Ocular motor disturbances in autism spectrum disorders: systematic review and comprehensive meta-analysis [J]. *Neurosci Biobehav Rev*, 2016, 69: 260 - 279. doi: 10.1016/j.neubiorev.2016.08.007.
- [21] Van der Geest JN, Camfferman G, Verbaten MN, et al. Eye movements, visual attention, and autism: a saccadic reaction time study using the gap and overlap paradigm [J]. *Biol Psychiatry*, 2001, 50: 614 - 619. doi: 10.1016/S0006-3223(01)01070-8.

编辑: 赵志宇

2021-11-18 收稿