

■ 专题:特殊儿童教育

孤独症谱系障碍儿童动作发展 障碍研究进展

王琳, 王志丹, 邢冰冰

(江苏师范大学教育科学学院, 江苏徐州 221006)

摘要:近年来,动作发展障碍已成为孤独症谱系障碍(Autism spectrum disorder, ASD)儿童的常见症状,不仅给该群体的日常生活带来困难,而且不利于其社交、语言、认知等其他功能的发展。通过梳理有关孤独症儿童动作发展障碍的研究发现,该障碍存在较大的异质性。其在孤独症婴儿期表现为动作发育里程碑延迟,在儿童和青少年期表现为姿势控制障碍、动作协调困难、步态异常和手部动作操作障碍。为更好地分析和改善动作发展障碍,未来研究可考虑对孤独症儿童的动作发展障碍及其影响因素进行系统性分析,开发针对孤独症儿童的动作发展评估工具,对该障碍进行神经科学研究并设计和实施有效易行的体育运动干预项目。

关键词:孤独症谱系障碍儿童;动作发展;动作发育里程碑;动作技能

中图分类号: G760

文献标识码: A

文章编号: 2095-770X(2021)08-0016-07

PDF 获取: <http://sxxqsfxy.ijournal.cn/ch/index.aspx>

doi: 10.11995/j.issn.2095-770X.2021.08.003

Research Progress on Developmental Motor Disorders of Children with Autism Spectrum Disorder

WANG Lin, WANG Zhi-dan, XING Bing-bing

(School of Education Science, Jiangsu Normal University, Xuzhou 221006, China)

Abstract: Recently, developmental motor disorders have become a common symptom of children with autism spectrum disorder (ASD), which not only bring difficulties to daily life of this group, but also are not conducive to the development of social, other linguistic, and cognitive functions. Through a systematic review of the literature of motor developmental disorders, it was found that large heterogeneity existed in the disorders. Children with ASD showed delayed-motor milestones in infancy and postural control deficits, motor coordination difficulties, gait deviations and hand operational disorders in childhood and adolescence. In order to better analyze and improve developmental motor disorders for children with ASD, systematic analysis of developmental motor disorders and their influencing factors can be performed, targeted developmental motor assessment tools can be developed, neuroscience research on the disorders can be conducted, and effective and easy sports intervention programs can be designed and implemented in the future.

Key words: children with autism spectrum disorder; motor development; milestones of motor development; motor skills

收稿日期: 2021-06-10; 修回日期: 2021-06-19

基金项目: 2018年度江苏省社会科学基金项目(18JYC003); 江苏师范大学2020年研究生科研与实践创新计划校级项目(2020XKT227)

作者简介: 王琳,女,江苏徐州人,江苏师范大学教育科学学院硕士研究生;王志丹,男,河南汝州人,江苏师范大学教育科学学院副教授,博士,硕士生导师,主要研究方向:儿童心理发展与教育;邢冰冰,女,江苏淮安人,江苏师范大学教育科学学院硕士研究生。

一、引言

动作(Motor)是在脑的多水平调控下,个体对环境的“躯体—心理”反应,它是个体和环境进行有效互动的基本手段,也是观察、检测个体身心发展的重要窗口^[1]。动作发展贯穿于整个生命周期的复杂过程之中,与个体的认知、语言、情绪情感和社会性的发展密切相关^[2]。动作发展障碍是一种非语言神经心理功能障碍,不仅给个体的日常生活带来困难,而且会引发认知缺陷和社会交往限制^[3]。

孤独症谱系障碍(Autism spectrum disorder, ASD)(以下简称孤独症)是儿童发育早期出现的一种神经发育性疾病。近年来,越来越多的学者表示,除社会交往和沟通障碍、兴趣范围狭窄、行为刻板或异常等核心症状外,动作发展障碍在该群体中的发病风险高达86.9%,也可作为孤独症的常见症状^[4]。经分析发现,孤独症儿童动作发展障碍的特点在婴儿期和儿童及青少年期各不相同:首先,在婴儿期表现为动作发育迟缓。这种特征会进一步影响孤独症儿童的社交和感官体验,是预测和识别孤独症交流障碍的有力证据之一^[5-6]。其次,在儿童和青少年期表现为粗大和精细动作技能缺陷,这种缺陷和孤独症症状的严重程度呈显著正相关,不利于其社交能力和认知功能的发展^[7-8]。

目前,有关孤独症儿童各时期动作发展障碍的研究没有得到足够的重视。前人多将孤独症的动作发展障碍简单划分为“精细”和“粗大”两类,但罕有对这两大动作领域的特定功能进行精确测量和分类。因此,基于已有文献对孤独症儿童各时期的动作发展障碍进行归类 and 细化——将婴儿期的动作发育迟缓归纳为动作发育里程碑延迟;将儿童和青少年期的粗大和精细动作技能缺陷划分为姿势控制障碍、动作协调困难、步态异常和手部动作操作障碍。本文希冀通过对以上每一类动作发展障碍的详细介绍和分析,明晰孤独症的本质特点和为日后干预提供帮助。

二、孤独症儿童动作发展障碍的表现

(一)孤独症婴儿期的动作发育里程碑延迟

动作发育里程碑是个体在运动发展内在规律的驱动下,于特定的时间窗口自然获得的动作

能力。世界卫生组织为0~2岁婴儿设定了6大动作发育里程碑,分别是坐直(无支撑)、爬行(用手和膝盖)、行走(有支撑)、站立(有支撑)、站立(无支撑)和行走(无支撑)^[9]。动作发育里程碑的延迟可能预示着个体早期的发育异常,是多种疾病的早期征兆和信号。

研究表明,孤独症儿童婴儿期多项动作发育里程碑的获得均会出现延迟。延迟的种类方面,Ozonoff等基于家庭录像的回顾性研究显示:1岁前孤独症儿童获得爬行、坐直(无支撑)这两类里程碑的时间略微晚于普通儿童^[10]。Flanagan等的前瞻性研究发现,高风险孤独症婴儿(有孤独症的家族史)在6个月进行拉手坐起测试(pull-to-sit)这类坐直任务时无法将头抬起^[11]。延迟程度方面,Arabameri和Sotoodeh基于父母的回顾分析了124名孤独症儿童动作发育里程碑获得的年龄^[12]。结果显示:孤独症儿童坐直、站立(无支撑)和行走(无支撑)里程碑的获得分别比世界卫生组织公布的标准中位年龄晚了1.74个月,2.42个月和6.31个月。延迟出现的具体时间方面,Davidovitch等对招募的335名后来被诊断为孤独症的低风险儿童(没有孤独症家族史)进行了大规模的前瞻性追踪研究。结果发现:这些儿童6个月时动作里程碑的发育正常;但至9个月时,与普通儿童和其他非孤独症的发育障碍儿童相比,他们未获得该时间窗口的动作发育里程碑^[13]。

孤独症儿童婴儿期的动作发展障碍对运动领域以及其他领域的发展均有显著影响。行走里程碑的延迟获得会限制孤独症儿童采用更为灵活自主的方式探索周围的环境,减少其与照料者之间的复杂互动行为,从而有损其社交能力的发展。另外,早期姿势里程碑的获得对于发声极为重要——成功地坐起(无支撑)可使肋骨抬高,呼吸加深,舌头前倾,声带曲线得到调整等,这些改变均可促进高级语音尤其是喃喃自语的形成。然而,孤独症儿童坐起(无支撑)的延迟极有可能导致喃喃自语的推迟出现,从而对后期沟通障碍的发展产生级联效应。事实也证明,大约70%在婴儿期出现动作发育迟缓的高风险孤独症儿童后期表现出了沟通障碍^[6]。

(二)孤独症儿童期的动作技能障碍

在儿童期,孤独症儿童动作发展障碍从婴儿

期的动作发育里程碑延迟发展为动作技能障碍,该时期可从动作的功能性角度对孤独症儿童动作发展障碍进行分类^[14]。具体看来,大动作技能障碍主要为姿势控制障碍、动作协调困难和步态异常,其中步态异常是姿势控制障碍和动作协调困难的综合表现。精细动作技能障碍集中表现为凭借手部小肌肉群操纵物体的能力较差,即手部动作操作障碍。

1. 姿势控制障碍

姿势控制是个体在静态和动态运动过程中避免过度摇摆和保持头部、身体位置稳定的能力。姿势控制的发展水平是儿童期个体动作发展能力的重要表现之一,也是衡量身体稳定性的神经肌肉功能指标^[15]。研究表明,孤独症儿童的姿势控制能力显著低于普通儿童,在成年后也无法达到普通人群的水平^[16]。McPhillips等使用儿童标准运动协调能力评估测试(第二版)(Movement assessment battery for children 2, MABC-2)检测了孤独症儿童的姿势稳定性,结果发现:孤独症儿童在单板平衡任务中维持的时间少于普通儿童;在脚跟—脚趾交替前行的平衡任务中走完的步数也不如普通儿童^[17]。Bojanek, Wang, White和Mosconi对17名6~19岁的孤独症儿童和20名年龄相匹配的普通儿童的姿势控制能力进行对比,结果发现孤独症儿童在动态姿势调整过程中的多关节协调性较差,在踏步时侧向摆动减少且姿势较为僵硬^[18]。有研究者认为,这可能和孤独症儿童所处的不稳定的运动环境有关——当孤独症儿童同时面对不确定的视觉刺激、前庭刺激和本体感受刺激时,他们往往无法进行多感觉统合,结果表现出姿势控制障碍^[19]。与此一致,Chen等发现在接球任务中,孤独症儿童很少利用视觉信息来计划运动,在同时需要整合空间方位知觉和视觉信息的情况下顺利接球的难度较大,这导致其接球时对姿势的控制能力较差,调整姿势时经常出现过度矫正^[20]。

但是,孤独症儿童姿势控制能力在稳定的环境中是否存在缺陷仍有争议。步态启动过程是个体从静态站姿到动态步行的转变,研究者可以通过监控步态启动过程中足底压力重心的变化来评估个体从静态到动态转变过程中的姿势控制能力。Fournier等在稳定环境中运用步态启动

任务比较了13名孤独症儿童和12名普通儿童的姿势控制能力,结果发现:在步态启动前,孤独症儿童的静态姿势具有不稳定性,产生了更大的摇摆幅度^[21]。但是,亦有研究发现在没有其他体感的影响下,无论孤独症儿童是在观看静止图像还是处于无视觉信息的状态下,其静态站立的姿势控制能力均和普通儿童没有差异^[22]。

经分析发现,稳定环境下孤独症儿童静态姿势控制表现不一致的原因主要在于:其一,各研究中的测试任务存在差异,如,任务难度、测量方法、测量工具和测试目的的差异;其二,被试的年龄不同,相比于低龄孤独症儿童,年长的患者随年龄的增长可能发展出补偿机制,因此,当处在稳定的运动环境中时,即使他们面对不确定的视觉刺激也能保持姿势的稳定;其三,样本特点的局限性——不同亚型孤独症儿童的姿势控制障碍表现可能不一致。有些研究没有将亚型作为控制变量,导致无法分析不同类型孤独症儿童特有的姿势控制障碍;有些研究样本覆盖率较低,仅选择某一类亚型的孤独症儿童作为样本进行研究,导致未能获得该谱系障碍的整体特征。

2. 动作协调困难

在做出涉及多个有顺序的连续动作时,孤独症儿童常出现身体的不协调,这被称为动作协调困难。动作协调困难普遍出现于孤独症儿童的诊断中,可作为孤独症的主要特征^[23]。Kaur等运用感觉统合测验的双边运动协调子量表(Bilateral motor coordination subtest of the sensory integration and praxis Tests, SIPT-BMC)评估了5~12岁孤独症儿童的协调能力。该子量表涉及22个由简单到复杂的上下肢动作,如,自发交替拍手、交替踏脚、一边拍手一边踏脚和有节奏地敲鼓以及根据测试者的操作做出相反的动作。结果发现:孤独症儿童做出连续动作时无法较好地协调身体和四肢,他们在节奏感、反应能力和正确率上不如普通儿童,在完成动作所用的时间上也比普通儿童长^[24]。Higashionna等分别运用儿童标准动作协调能力评估测试(第二版)和考夫曼儿童成套评估测验(第二版)(Kaufman assessment battery for children 2, K-ABCII)分析了孤独症儿童的动作协调能力和学习成绩后发现,孤独症儿童的动

作协调能力得分显著低于普通儿童,其动作协调能力总评分和学业总成绩得分之间呈显著正相关,这提示有动作协调困难的孤独症儿童可能更倾向于表现出学习困难^[23]。另外,孤独症儿童动作协调能力水平越高,其社会适应性的表现就越好^[25]。这说明孤独症儿童的动作协调困难和其社交缺陷也存在较大关联性。

视觉因素在孤独症儿童动作协调能力的表现上发挥着重要作用。Kaur等指出,落后的视觉运动协调技能可以部分解释孤独症儿童无法利用受控和有组织的方式同时协调身体两侧的困难^[24]。Barbeau等认为,在目标定向运动过程中,孤独症患者动态整合视觉信息的困难可能会导致其通过限制运动的速度来保持动作的准确性^[26]。Fulceri等的研究表明,孤独症儿童在没有视觉目标的情况下无法更好地关注运动线索,当他们仅依靠运动信息来行动时,其联合动作的协调性会受到影响^[27]。Gonzalez的研究发现,发育性协调障碍(Developmental coordination disorder, DCD)儿童的动作表现和孤独症儿童的不同——他们的视觉固定能力正常,其动作缺陷更多和其运动计划、运动抑制能力不足有关^[28]。这意味着基于视觉障碍的动作协调困难可能专属于孤独症。下一步研究可考虑结合眼动追踪技术详细评估视觉注意、视觉搜索和视觉空间障碍对孤独症儿童动作协调表现的影响,同时,可开展更多的跨群体比较研究,以探寻孤独症儿童不同于注意缺陷多动障碍、特定型语言障碍和发育性协调障碍等儿童的视觉——动作协调困难机制。

3. 步态异常

步态(Gait)是个体在步行时通过髌、膝、踝、足趾的连续活动所表现出的一系列行为特征。影响步态的因素十分复杂,包括中枢命令、身体平衡及协调控制,涉及下肢各关节和肌肉的协同运动以及上肢和躯干的姿势,以上任何环节的失调都可能导致步态异常。虽然步态具有个体差异性,但研究表明,孤独症儿童的步态特征普遍异于普通儿童。

年幼的孤独症儿童在刚开始学步时的步态不对称程度较高,因此,研究者认为步态不对称性是专属于孤独症的,可作为孤独症的内表型之

一^[29]。年长的孤独症儿童倾向于减少步幅和增加步宽来获得更大的支持面和更长时间的支撑相,继而提高步行的稳定性^[30]。在虚拟现实环境中,Biffi进行的一项新型步态实验详细描述和分析了孤独症儿童在仪器式双皮带跑步机上的步态动力学和运动学异常数据,结果发现,孤独症儿童在走路时倾向于减少膝关节屈曲的时间,过度前倾骨盆,在一侧足跟触底时过度屈曲髋关节来增强自身的稳定性^[31]。另一项研究评估了10名孤独症儿童(5~12岁)在平地行走时的步态异常情况,结果发现,儿童的两侧髌部、膝盖和踝关节表现出不对称性^[32]。研究者认为,针对下肢的精准医学干预可改善孤独症儿童的步态不对称性,继而避免步态异常对其日常生活造成负面影响。

虽然以上研究均表明步态异常可作为孤独症儿童的典型特征,但这些研究的样本量均较小,仅有十名左右,研究对象的年龄跨度也较小。因此,步态异常作为孤独症与普通儿童的指标仍需采用大样本研究来进一步验证。另外,目前大多研究所采用的足底压力测试只能量化孤独症儿童走路时的下肢动力学特征,未来研究还需结合三维运动捕捉技术来获取孤独症儿童走路时的上肢运动学特征,从而全面评估步态异常。最后,孤独症儿童的步态变异性和其他动作技能呈显著负相关^[33],这提示步态异常极有可能是孤独症儿童动作控制障碍和协调困难综合作用的结果,其他大动作技能障碍对步态异常的影响机制也可作为下一步的研究重点。

4. 手部动作操作障碍

较多研究表明孤独症儿童青少年存在手部动作操作障碍。该障碍具体表现为手部动作操作的灵活性较差,抓握物体的力量较弱,完成精细动作所用时间较多。精确抓握物体的精细动作技能的发展对于个体更好地控制环境极为重要,而孤独症儿童较差的手部动作操作技能则会限制其主动且有效地探索和把控物体的行为,不仅对学业的发展有负面影响,而且不利于其更好地获得日常生活技能^[34]。

书写困难是孤独症儿童手部动作操作障碍的典型表现之一,如,书写时的笔画歪曲和涂鸭时的溢出范围等。书写技能会深刻影响儿童的

学业和心理发展。Anzulewicz等采用智能平板触摸游戏对3~6岁孤独症儿童和普通儿童的书写模式进行比较,结果发现,和普通儿童相比,孤独症儿童书写时的力度分布不均,手部冲击力、手势运动轨迹更大且书写时速度更快^[35]。Johnson等发现孤独症儿童用笔时的运动轨迹变化较多,字体较大。这种书写特点反映了孤独症儿童基本书写运动计划的内部调节能力受损^[8]。Kushki等则认为孤独症儿童的书写困难并非在字母大小、间距和对齐方面,而是整体易读性较低和字母组合能力较差^[36]。Fuentes等进一步指出,完成书写需具备多个领域的的能力,包括运动控制、视觉感知和视觉—运动整合,其中,缺乏稳定的控制能力则无法使孤独症儿童流畅地控制手和手臂运动,从而降低了其书写的质量^[37]。考虑到孤独症儿童在听写和撰写任务时会受更高层次认知功能障碍的干扰,未来研究可考虑采取较为简单的任务,如,临摹来评估动作计划失败、动作执行障碍、肌肉张力不足、手眼协调困难以及本体感受缺失对孤独症儿童书写的影响。

三、未来研究展望

孤独症儿童动作发展障碍的研究对于深入了解孤独症的早期发展特点起到了重要的推动作用。

(一)对动作发展障碍及其影响因素进行系统性分析

由于孤独症儿童动作发展障碍的表现及其严重程度各不相同,何种类型的动作发展障碍普遍且稳定存在于该群体的发展过程中仍未可知。因此,需要厘清孤独症儿童动作发展障碍的共同性和特异性,为后续精准筛查和评估做准备。未来一方面需要系统评估年龄、性别、语言、智商、社会经济地位和症状严重程度等影响因素对孤独症儿童动作发展的影响,如,在动力学方法和运动学分析的基础上,进一步扩大样本选取范围和控制被试年龄,采用分层抽样的方法来明确孤独症儿童各年龄段动作发展障碍的基本特点;另一方面,可尝试基于以上影响因素构建孤独症儿童动作发展障碍的理论模型。在此环节,需着重探讨视觉障碍和感觉异常对孤独症儿童动作表现的影响机制。如Whyatt等提出动作发

展障碍的感觉运动理论(Sensory-motor theory)就是在这方面所进行的积极尝试^[38]。

(二)开发针对孤独症儿童的动作发展评估工具

虽然标准化测量工具已广泛应用于各类神经发育性障碍儿童动作发展水平的评估中,但基于这种方式评估孤独症儿童动作发展障碍的患病率存在显著差异,这阻碍了将该障碍纳入孤独症早期评估和筛查的必要性。因此,未来需要甄别和设计针对孤独症儿童的早期筛查量表和测量工具,一方面,由于孤独症儿童缺乏注意力和理解力,其动作评估的结果极有可能受当时情绪、疲劳和其他负面行为的影响,导致评估结果反映不出孤独症儿童真实的动作能力。因此,工具和量表的制定需要设计一些对注意力、记忆力、社交行为和执行功能涉及较少的任务,避免在需要多通道信息加工处理的不稳定运动环境中对孤独症儿童进行测试;另一方面,需要通过大样本研究对量表的组成信度、收敛效度、区别效度、建构效度和评分者信度进行精准分析,以验证量表应用于孤独症儿童动作发展障碍评估的适宜性^[39]。

(三)对孤独症儿童的动作发展障碍进行神经科学研究

虽然有关孤独症儿童的神经科学研究已证实,动作发展障碍是孤独症儿童整体脑功能障碍的一部分,但与之相关的神经机制研究仍相对薄弱^[40]。因此,未来可结合多种脑神经成像技术和生物医学技术,对孤独症儿童小脑、基底神经节、大脑皮层运动区、大脑皮层视觉区等和动作发展密切相关脑区的功能连接和网络进行整合性研究。另外,虽然前瞻性和回顾性的行为研究均已发现孤独症儿童在婴儿期会表现出动作发育延迟,但鉴于实验条件、技术和方法的局限,罕有学者在婴儿期探索孤独症儿童动作发展障碍的神经基础。因此,未来一方面可考虑通过对人体无害和对运动具有较高宽容度的神经科学技术,来探索高危孤独症婴儿运动时较为完整和准确的空间与时间特征;另一方面,可利用机器学习算法对高危孤独症婴儿动作发展的异常发育轨迹及其神经机制进行建模分析,以期在婴儿期便可识别出普通儿童和孤独症儿童。

(四)设计和实施有效易行的体育运动干预项目

目前,虽然较多研究已证实大多数孤独症儿童存在动作发展障碍,但仅有31.6%的儿童进行过运动干预项目^[4]。另外,这些干预着重于改善孤独症儿童的核心症状,而针对提高其动作发展水平的仍较少^[41]。这种循证教育实践的缺乏导致无法科学地评估体育运动干预对改善孤独症儿童多种动作发展障碍的有效性。基于此,未来可考虑在充分遵循孤独症儿童身心发育特点的基础上,采用多组多基线前测后测时间系列准实验设计来系统化比较不同干预频率、干预周期和干预方式的实施效果,从而明确最适宜孤独症儿童动作能力发展的运动干预模式。另外,可基于运动干预的效果来开发标准化的运动干预课程和研发家庭运动干预系统软件,把孤独症运动干预项目从实验推广到课堂和日常的运动活动中,这有利于扩大孤独症干预类型的范围,降低干预成本,从而惠及更多的孤独症儿童群体。

[参考文献]

- [1] 董奇.动作与心理发展[M].北京:北京师范大学出版社,2004.
- [2] 原雅青,刘洋,丁佳宁.布尼氏动作熟练度测试(BOT-2)在智力障碍儿童动作发展评估中的应用及对我国的启示[J].中国体育科技,2019,55(6):14-20.
- [3] 庞艳丽,卜瑾,董良山.自闭症谱系障碍儿童动作发展障碍研究述评[J].中国特殊教育,2018(4):46-52.
- [4] Bhat A N. Is motor impairment in autism spectrum disorder distinct from developmental coordination disorder? A report from the SPARK study[J]. Physical Therapy, 2020, 100(4): 633-644.
- [5] West K L. Infant motor development in autism spectrum disorder: A synthesis and meta-analysis[J]. Child Development, 2019, 90(6): 2053-2070.
- [6] Bhat A N, Galloway J C, Landa R J. Relation between early motor delay and later communication delay in infants at risk for autism [J]. Infant Behavior and Development, 2012, 35(4): 838-846.
- [7] Fitzpatrick P, Romero V, Amaral J L, et al. Social motor synchronization: Insights for understanding social behavior in autism [J]. Journal of Autism and Developmental Disorders, 2017, 47(7): 2092-2107.
- [8] Johnson B P, Phillips J G, Papadopoulos N, et al. Understanding macrographia in children with autism spectrum disorders [J]. Research in Developmental Disabilities, 2013, 34(9): 2917-2926.
- [9] Onis M. WHO Motor Development Study: windows of achievement for six gross motor development milestones[J]. Acta Paediatrica, 2006(95): 86-95.
- [10] Ozonoff S, Young G S, Goldring S, et al. Gross motor development, movement abnormalities, and early identification of autism [J]. Journal of Autism and Developmental Disorders, 2008, 38(4): 644-656.
- [11] Flanagan J E, Landa R, Bhat A, et al. Head lag in infants at risk for autism: a preliminary study [J]. The American Journal of Occupational Therapy, 2012, 66(5): 577-585.
- [12] Arabameri E, Sotoodeh M S. Early developmental delay in children with autism: a study from a developing country [J]. Infant Behavior and Development, 2015, 39: 118-123.
- [13] Davidovitch M, Stein N, Koren G, et al. Deviations from typical developmental trajectories detectable at 9 months of age in low risk children later diagnosed with autism spectrum disorder [J]. Journal of Autism and Developmental Disorders, 2018, 48(8): 2854-2869.
- [14] Cook J. From movement kinematics to social cognition: the case of autism [J]. Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, 2016, 371(1693): 372.
- [15] Dawson G, Campbell K, Hashemi J, et al. Author Correction: Atypical postural control can be detected via computer vision analysis in toddlers with autism spectrum disorder [J]. Scientific Reports, 2020, 10(1): 616.
- [16] Minschew N J, Sung K B, Jones B L, et al. Underdevelopment of the postural control system in autism [J]. Neurology, 2004, 63(11): 2056-2061.
- [17] McPhillips M, Finlay J, Bejerot S, et al. Motor deficits in children with autism spectrum disorder: A cross-syndrome study [J]. Autism Research, 2014, 7(6): 664-676.
- [18] Bojanek E K, Wang Z, White S P, et al. Postural control processes during standing and step initiation in autism spectrum disorder [J]. Journal of Neurodevelopmental Disorders, 2020, 12(1): 1-13.
- [19] Dumas M, McKenna R, Murphy B. Postural control deficits in autism spectrum disorder: the role of sensory integration [J]. Journal of Autism and Developmental Disorders, 2016, 46(3): 853-861.
- [20] Chen L C, Su W C, Ho T L, et al. Postural control and interoceptive skills in children with autism spectrum disorder [J]. Physical Therapy, 2019, 99(9): 1231-1241.
- [21] Fournier K A, Kimberg C I, Radonovich K J, et al. Decreased static and dynamic postural control in children with autism spectrum disorders [J]. Gait & Posture, 2010,

- 32(1): 6–9.
- [22] Greffou S, Bertone A, Hahler E M, et al. Postural hypo-activity in autism is contingent on development and visual environment: a fully immersive virtual reality study [J]. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 2012, 42(6): 961–970.
- [23] Higashionna T, Iwanaga R, Tokunaga A, et al. Relationship between motor coordination, cognitive abilities, and academic achievement in Japanese children with neurodevelopmental disorders [J]. *Hong Kong Journal of Occupational Therapy*, 2017, 30(1): 49–55.
- [24] Kaur M, Srinivasan S M, Bhat A N. Comparing motor performance, praxis, coordination, and interpersonal synchrony between children with and without Autism Spectrum Disorder (ASD) [J]. *Research in Developmental Disabilities*, 2018, 72: 79–95.
- [25] Bremer E, Cairney J. The interrelationship between motor coordination and adaptive behavior in children with autism spectrum disorder [J]. *Frontiers in Psychology*, 2018, 9: 2350.
- [26] Barbeau E B, Meilleur A A S, Zeffiro T A, et al. Comparing motor skills in autism spectrum individuals with and without speech delay [J]. *Autism Research*, 2015, 8(6): 682–693.
- [27] Fulceri F, Tonacci A, Lucaferro A, et al. Interpersonal motor coordination during joint actions in children with and without autism spectrum disorder: The role of motor information [J]. *Research in Developmental Disabilities*, 2018, 80: 13–23.
- [28] Gonzalez C C, Mon-Williams M, Burke S, et al. Cognitive control of saccadic eye movements in children with developmental coordination disorder [J]. *PLoS One*, 2016, 11(11): e0165380.
- [29] Esposito G, Venuti P, Apicella F, et al. Analysis of unsupported gait in toddlers with autism [J]. *Brain and Development*, 2011, 33(5): 367–373.
- [30] Kindregan D, Gallagher L, Gormley J, et al. Gait deviations in children with autism spectrum disorders: a review [J]. *Autism Research and Treatment*, 2015, 741480.
- [31] Biffi E, Costantini C, Ceccarelli S B, et al. Gait pattern and motor performance during discrete gait perturbation in children with autism spectrum disorders [J]. *Frontiers in Psychology*, 2018, 9: 2530.
- [32] Eggleston J D, Harry J R, Hickman R A, et al. Analysis of gait symmetry during over-ground walking in children with autism spectrum disorder [J]. *Gait & Posture*, 2017, 55: 162–166.
- [33] Manicolo O, Brotzmann M, Priska H V, et al. Gait in children with infantile /atypical autism: Age-dependent decrease in gait variability and associations with motor skills [J]. *European Journal of Paediatric Neurology*, 2019, 23(1): 117–125.
- [34] Lidstone D E, Miah F Z, Poston B, et al. Manual dexterity in children with autism spectrum disorder: A cross-syndrome approach [J]. *Research in Autism Spectrum Disorders*, 2020, 73: 101546.
- [35] Anzulewicz A, Sobota K, Delafield-Butt J T. Toward the autism motor signature: Gesture patterns during smart tablet gameplay identify children with autism [J]. *Scientific Reports*, 2016, 6(1): 1–13.
- [36] Kushki A, Chau T, Anagnostou E. Handwriting difficulties in children with autism spectrum disorders: A scoping review [J]. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 2011, 41(12): 1706–1716.
- [37] Fuentes C T, Mostofsky S H, Bastian A J. Children with autism show specific handwriting impairments [J]. *Neurology*, 2009, 73(19): 1532–1537.
- [38] Whyatt C, Craig C. Sensory-motor problems in Autism [J]. *Frontiers in Integrative Neuroscience*, 2013, 7: 51.
- [39] 宁科, 邵晓军, 米青. 大肌肉动作发展量表(TGMD-2)在学前儿童中的验证性因素分析 [J]. *陕西学前师范学院学报*, 2016, 32(1): 65–68.
- [40] 王琳, 王志丹, 王泓婧. 孤独症儿童动作发展障碍的神经机制 [J]. *心理科学进展*, 2021, 29(7): 1239–1250.
- [41] 郭剑华. 体育舞蹈教学对自闭症幼儿主动沟通行为的改善 [J]. *学前教育研究*, 2014(6): 56–60.

[责任编辑 张雁影]