



## 自闭症谱系障碍儿童运动功能评估与干预研究进展

# Research Progress of Motor Function Evaluation and Intervention in Children with Autism Spectrum Disorders

陈为玮,朱小烽\*,张虹雷

CHEN Weiwei, ZHU Xiaofeng\*, ZHANG Honglei

**摘要:**神经发育障碍普遍存在于自闭症谱系障碍(autism spectrum disorders, ASD)中,尤其是运动障碍。运动障碍可能导致社交沟通异常,也是ASD非典型发展的第一个标志。ASD运动功能的测量有助于鉴别ASD的特殊运动损伤、可能的潜在神经机制以及运动功能与其他领域的关系。通过梳理ASD动作功能的测评方法、神经诊断措施以及运动干预已有研究,可为ASD早期诊断、临床分层以及干预运动处方的开发与制订提供理论依据。在此基础上,指明多学科、多途径、全方位的交叉综合研究是当今特殊儿童动作技能测评与发展研究的未来趋势,这对实现儿童运动发育异常的早期干预和康复有积极意义。

**关键词:**自闭症儿童;运动障碍;动作技能;测量与评价;运动干预

**Abstract:** Neurodevelopmental disorders are commonly found in Autism Spectrum Disorders (ASD), especially motor impairments. Motor impairments may be the first sign of atypical development in ASD and likely contributes to abnormalities in social communication impairments. The measurement of ASD motor function is helpful to identify the special sports injuries of ASD, the potential neural mechanisms that may be involved, and the relationship between motor function and other fields. This paper provides a theoretical basis for the early diagnosis of ASD, clinical stratification, and the development and formulation of interventional sports prescriptions by combing existing evaluation methods of ASD motor function assessment, neurodiagnostic measures, and exercise interventions. Moreover, it is pointed out that multidisciplinary, multi-channel, and comprehensive cross-cutting comprehensive research is the future trend of special children's motor skills assessment and development research, which has positive significance for early intervention and rehabilitation of children's motor developmental abnormalities.

**Keywords:** autistic children; motor disorders; motor skills; measurement and evaluation; motor intervention

**中图分类号:**G804.49 **文献标识码:**A

### 基金项目:

教育部人文社会科学研究青年基金项目(20YJCZH253);嘉兴学院儿童发展研究院科研培育项目(21PY3-1)

### 第一作者简介:

陈为玮(1984-),女,副教授,硕士,主要研究方向为体力活动与健康促进, E-mail: chenweiwei84143@163.com。

### \*通信作者简介:

朱小烽(1982-),男,副教授,博士,主要研究方向为运动与健康促进, E-mail: zhuxiaofeng102@126.com。

### 作者单位:

嘉兴学院,浙江嘉兴314200  
Jiaxing University, jiaxing 314200, China.

2014年,美国疾病与预防控制中心数据显示,美国每68名儿童有1名自闭症谱系障碍(autism spectrum disorders, ASD)患者。2015年,《中国自闭症教育康复行业发展状况报告》首次发布,我国约有200万ASD儿童,且每年以近20万人速度增加。ASD属于广泛性发育障碍类别。广泛性意味着障碍将影响个体发展的各个方面,其特征是在各种发育领域的技能获得方面出现延迟或障碍。此外,广泛性发育障碍还包括阿斯伯格综合征、雷特综合征、童年瓦解性障碍以及待分类的广泛性发育障碍。神经发育障碍(neurodevelopmental disabilities, NDD)是一组异质性疾病,其特征是发育延迟或异常,包括社会认知、语言功能和运动技能的延迟。在NDD中,ASD是基于社交沟通技巧的核心障碍来诊断,除了典型特征外,儿童还表现出不同程度的运动技能缺陷。

研究表明,ASD 儿童伴有基本运动技能迟缓,且随着年龄的增长,延迟可能更明显(Lloyd et al., 2013; Macdonald et al., 2013a)。随机对照试验表明,运动技能领域早期干预可以显著改善社交沟通以及 ASD 其他症状。研究发现,运动障碍通常是异常发育的第一个迹象(Bishop et al., 2017; Distefano et al., 2016)。然而,通过基因检测鉴定早期运动迟缓可能表明个体的遗传性疾病风险较高,但无法评估运动能力或运动损伤。当今,在临床实践中,ASD 动作技能的量化主要借助其标准化动作技能评估工具。然而,标准化评估主要依赖于个体理解复杂任务的能力,无法充分捕捉儿童运动能力或损伤的结果(Allen et al., 2017)。

研究表明,运动干预对提高 ASD 认知能力、改善社会交往、促进动作发展等都能起到较好的效果(Anderson-Hanley et al., 2011; Hilton et al., 2014)。实施运动干预成为改善 ASD 个体功能障碍的一种手段。本文通过梳理 ASD 不同方式的运动功能定量测量方法和运动干预手段,便于更好地识别 ASD 中的运动损伤,以助于 ASD 运动障碍的早期诊断和制订个性化干预措施。

## 1 ASD 运动功能障碍及其表现特征

在个体发展的早期,动作发展是判断个体脑部发育是否正常的重要指标。运动功能的发展与儿童的语言、认知和社会发展能力有关,可以作为新生儿发育精神病学的指标(Karasik et al., 2011)。ASD 婴儿明显的社交障碍得到诊断之前就已经出现运动障碍,运动障碍的早期出现会对社会认知和交流发展产生消极影响(Kasari et al., 2005)。ASD 幼儿的运动功能不足、粗大和精细动作缺陷普遍存在,包括基本运动控制障碍、熟练运动姿势执行困难、动作学习异常模式和抓握困难等。Liu 等(2013)采用 MABC-2 量表对 30 名 3~16 岁 ASD 儿童和 30 名正常同龄儿童的运动技能进行测评,发现 ASD 儿童运动技能得分明显低于正常同龄儿童,77% 的 ASD 儿童得分低于 5 个百分位数,且伴有明显的运动迟缓。

积极参与游戏是幼儿身体活动的主要形式,ASD 儿童运动技能熟练程度低,可能会极大地抑制他们积极参与游戏的能力。证据表明,运动功能障碍可能阻碍 ASD 儿童社交沟通能力的提高(Ajzenman et al., 2013; MacDonald et al., 2013b)。MacDonald 等(2013a)对患有 ASD 的学龄儿童进行随机对照实验,发现精细和粗大运动技能更熟练的 ASD 儿童表现出更少的社会交际缺陷,精细动作与适应性社交沟通技能之间存在直接关系。

ASD 动作发展是研究者和患者父母关注幼儿发展的焦点。Teitelbaum(1998)对后期被诊断为 ASD 婴儿(6~12 个月)的回顾性视频进行研究,发现动作不对称性在早期动作技能行为中表现明显,包括躺姿势和爬行模式。Vernazza-Martin 等(2005)在步态和姿势控制研究中发现,

4~6 岁 ASD 儿童运动过程中表现出步幅长和不规则的身体振动,步态呈现不稳定和姿势多变。Chawarska 等(2007)提出,ASD 幼儿在早期就出现运动技能缺陷,并在 14~24 个月时变得尤为明显。Lloyd 等(2013)证实了该研究,通过对 ASD 幼儿( $n=172$ , 年龄 14~36 个月)横断面研究发现,其精细和粗大运动技能缺陷逐渐严重。Flanagan 等(2012)对 6~36 个月自闭症高危婴儿进行前瞻性研究发现,儿童坐立动作时头部迟滞与自闭症显著相关。Landa 等(2006)对 87 名 6、14 和 24 个月的婴儿进行发育检查,发现 24 个月时 ASD 组在所有领域的表现都明显低于对照组,在粗大运动、精细运动和接受性语言方面也低于语言延迟组。早期运动障碍是 ASD 儿童与其他发育迟缓(语言延迟)儿童的潜在诊断区别。ASD 儿童的运动功能障碍可能从幼年开始,一直持续到青春期。

研究发现,ASD 儿童中存在运动技能缺陷,且早于核心症状之前,暗示将早期运动技能缺陷作为 ASD 初步诊断的重要标志(Flanagan et al., 2012; Karasik et al., 2011)。然而,人们对于 ASD 运动障碍的研究主要停留在个体发展的具体表现特征上,缺乏对运动障碍与其核心症状之间功能关系等问题的深入认识。当前,借助运动学、心理学、生物力学、脑科学等学科多角度深入探索 ASD 运动障碍发展机制是重要前沿课题。

## 2 ASD 儿童运动功能评估方法

ASD 运动功能测量主要依据标准化测评量表和实验室仪器,通过量化结果,评估其发展水平。

### 2.1 ASD 儿童运动功能测评量表

自 20 世纪 60 年代至今,涌现出一批具有特定内容的动作技能评估工具,标准化运动发育测量表在最初探索 ASD 幼儿运动技能实施、早期干预以及康复领域中起到重要作用(表 1)。MacDonald 等(2013b)采用 MSEL(the mullen scales of early learning)量表测试了 159 名年龄在 12~33 个月的 ASD( $n=110$ )、正常儿童( $n=26$ )和非 ASD 幼儿(发育迟缓, $n=23$ )总运动能力和精细运动能力,揭示精细和粗大的运动技能与自闭症症状显著相关。Holloway 等(2019)对 21 例 ASD 儿童粗大运动技能和社会功能的关系进行探究,采用 PDMS-2(peabody developmental motor scales-second edition)量表评估粗大运动技能,发现总体运动能力与社会功能呈中到高度相关。Whyatt 等(2011)采用 MABC-2(movement assessment battery for children-second edition)量表对 7~10 岁自闭症儿童运动技能进行评估,发现与自闭症有关的基本运动技能缺陷不是普遍存在的,但在需要复杂的拦截动作或核心平衡能力的活动中运动技能缺陷则更明显。

### 2.2 ASD 运动功能障碍生物力学测量评价研究

精细动作障碍在 ASD 中很普遍,包括基本动作控制

障碍、执行熟练动作手势困难、动作学习异常等(Jansiewicz et al., 2006)。Trevvarthen等(2013)提出,运动控制是社会参与、情感表达和认知发展的基础,ASD儿童从出生开始就表现出明显的运动缺陷,包括步态笨拙、肌张力异

常和身体平衡感差。另有研究提出,对运动时机和整合的破坏可能是ASD儿童动作障碍的原因(Wilson et al., 2018)。

表1 国外ASD儿童运动功能评估量表

Table 1 Motor Function Assessment of Children with ASD Abroad

名称	编制时间	编制者	国家	适用年龄/月	内容
BSID-2	1969年编制,1993年修订,第二版	Bayley	美国	0~30	包括智力、运动、行为三部分;运动量表包含粗大动作、精细动作以及平衡协调能力共计81项,用精神运动指数表示运动发育水平
PDMS-2	1974年编制,2000年修订,第二版	Folio /Fewell	美国	6~72	粗大动作评估量表包括反射、姿势、移动、实物操作共151个分测项目;精细动作评估包括抓握和运动整合共98个分测项目
BOT-2	1978年编制,2005年修订,第二版	Bruininks	美国	36~72	包括精细运动瞄准、精细动作整合、手动灵活性、上肢协调、双侧协调、平衡、跑动速度和敏捷度、力量8项测试内容
MABC-2	1992年编制,2006年修订,第二版	Henerson/Sugden	英国	48~192	手部精细、手眼协调、静态以及动态平衡能力等8个测试项目
TGMD-2	1985年编制,2000年修订,第二版	Dale A.Ulrich 博士	美国	36~120	包括6种身体位移和6种物体操控测试内容与评价标准
MSEL	1995年编制	Mullen	美国	0~68	MSEL子量表分为5个领域:总运动、精细运动、视觉接收(非语言问题解决)、接受语言和表达语言

注:BSID即贝利婴幼儿发展量表(Bayley scales of infant development);PDMS即皮博迪运动发育量表(Peabody developmental motor scales);BOT即布尼氏动作熟练度测试(Bruininks-Oseretsky test of motor proficiency);MABC即儿童动作测量量表(movement assessment battery for children);TGMD即大肌肉动作测试(test of gross motor development);MSEL即马伦早期学习量表(Mullen scales of early learning)

随着ASD病理学机制的深入研究,标准化运动发育测量表缺乏运动特征的精确量化,无法满足临床评估和实践研究需求,从生物力学视角捕捉分析ASD儿童运动功能的特定变量引起研究者的广泛兴趣。借助生物力学工具,使用更精确的运动性能计算方法能够辨析不同程度的运动障碍,并将ASD患者与其他人群区分开来。

ASD患者的运动障碍通常出现在儿童早期,可以影响粗大和精细运动领域,如平衡和手的灵活性(Forti et al., 2011)。Grace等(2017)采用定量数字化平板电脑来探讨学龄前ASD患儿书写(弯曲度、速度、大小)与注意力、ASD核心症状的关系,确定了书写能力、注意力、ASD症状和运动能力之间存在中到大的关联性。与对照组相比,ASD组明显表现出更少的平滑运动、更大的尺寸变异性 and 峰值速度。

另一研究(Anzulewicz et al., 2016)采用带触摸屏和嵌入式惯性运动传感器(三轴陀螺仪和三轴加速度计)的平板电脑记录分析了37名3~6岁ASD儿童和45名正常儿童游戏时手势进入设备的接触力和运动模式。实验揭示,ASD儿童手势操作表现出更大的幅度和更远的位置,所占的平均面积大于对照组。与健康同龄人相比,ASD儿童在精细动作上表现出更大的接触力和不同的动作力量模式,手势的模式紊乱似乎是自闭症儿童动作特征的重要组成部分。值得注意的是,采用平板电脑上的接触力区分ASD儿童和典型发育儿童的准确率高达93%

(Grace et al., 2017)。通过平板电脑或者可穿戴设备(如智能手表和腕带)对游戏和书写时触摸、轻击、滑动或移动手指的动作信号进行运动功能分析发现,这种新型测量模式似乎克服了实验性运动跟踪模式的局限性。在自然和最少指令条件下,通过机器准确测量、识别儿童在游戏中自发运动的模式可能是早期发现ASD运动障碍的一种新方法,但仍需用更大、更广泛的人群来证实。

研究表明,缺乏姿势控制、稳定性和平衡能力以及协调障碍,导致自闭症的各种运动技能和步态问题(Calhoun et al., 2011)。步态对称通常被用作神经功能的评价指标,健康步态通常表现出极小的不对称性,病理学步态则表现出夸张的不对称性。运动轨迹恰好能够揭示有关步态畸变的信息,对于理解ASD疾病的病因和开发新的治疗方法至关重要(Pauk et al., 2016)。利用步态分析的研究发现,ASD患儿与正常发育儿童在行走、速度和步幅长度方面存在差异(Pauk et al., 2016; Titianova et al., 2004)。

Calhoun等(2011)采用摄像头运动捕获系统和测力板对自闭症儿童和对照组儿童步行过程中的关节角度进行关节动力学分析,结果表明,ASD儿童表现出足底屈肌力矩减少、足背屈角度增加以及髋部伸肌力矩降低。Pauk等(2016)对18例典型高功能自闭症(high function autism, HFA)患儿、10例低功能自闭症(low function autism, LFA)患儿和30例年龄相仿的对照组采用摄像机运动捕捉系统

和传感器测力板平台测量惯常速度步行 50 m 过程中的步态、髋关节弯曲角度和足底压力分布。步行中的数据取自带有电容传感器鞋垫 (每个鞋垫最多 240 个 SSR 传感器, 取决于尺寸和形状) 的计步器。结果显示, HFA 和 LFA 患儿足底压力分布、速度、节奏、幅度与对照组均存在显著性差异, HFA 和 LFA 儿童走路时的最大髋关节屈曲度和髋关节矢状面运动幅度更大, 而屈膝矢状面运动范围减少; ASD 儿童在脚趾、跖骨头、外侧弓、内侧弓和足跟部位下的压力均降低。Titianova 等 (2004) 发现, 自闭症儿童步态与老年人相似, 其步幅更宽, 循环时间、双支撑时间、站立时间更长。Lim 等 (2016) 也证实了这一观点, 其采用 GAITrite 便携式步态分析系统研究自闭症的步态模式, 结果显示, ASD 组的周期时间、双腿支撑时间和站立时间明显更长; ASD 组的节奏明显低于对照组, 步态速度和步幅频率也明显慢于对照组, 且步幅增加。Eggleston 等 (2017) 采用 Vicon 三维运动捕捉系统, 对 5~12 岁 ASD 患儿的运动步态数据进行分析, 结果表明, ASD 儿童在整个步态周期中均表现出明显的下肢关节位置和地面反作用力不对称性。

综上所述, 借助平板电脑、运动捕捉系统、步态分析系统、临床步幅分析仪等对 ASD 儿童粗大动作进行测量评价, 实验方式和测评环境自然轻松, ASD 儿童易接受。步态分析系统还能提供足迹分析, 有助于揭示潜在的足部和步态问题。未来, 临床医生和研究者可以根据步态分析, 借助肌电图测量个体肌肉活动了解步态偏差的机制, 开发提高 ASD 儿童运动技能治疗方法。

### 2.3 ASD 运动功能障碍神经生物学测评研究

神经学机制研究与标准化定量运动功能测量工具相结合, 对于分析 ASD 儿童的异质性、确定运动障碍行为和药物干预至关重要。目前, 对于 ASD 病因并无确切答案, 但有证据表明其与个体 X 脆性染色体异常或者脑神经递质异常有关 (APA, 2013)。

神经发育障碍中, 寻找生物标记物的重点是脑结构和功能的测量, 更具体地说是那些捕捉大脑皮层连接的测量。大脑连接性测量是一种前瞻性 ASD 生物标记物, 通过它可以推断大脑区域在生理或功能上的相互连接情况, 从而形成大脑网络, 完成认知、行为任务 (Mohammad-Rezazadeh et al., 2016)。大脑连接方法分为结构性和功能性两种, 核磁共振影像 (magnetic resonance imaging, MRI) 和弥散张量成像 (diffusion tensor imaging, DTI) 是用于绘制表征大脑网络内解剖纤维特征的结构方法 (Hui et al., 2010)。功能性脑部网络的描述可以利用功能磁共振成像 (functional magnetic resonance imaging, fMRI) 技术或脑电图 (electroencephalography, EEG) 和脑磁图 (magnetoencephalogram, MEG) 等其他大脑活动度量获得功能网络。EEG 和 MEG 作为 ASD 儿童动作发展诊断、

预测发育结局和监测治疗反应的生物标记物, 具有实用和理论上的双重优势, 但也存在空间分辨率低的缺陷 (Ewen et al., 2016; Mohammad-Rezazadeh et al., 2016)。

过去 10 年, fMRI 检查 ASD 神经网络的研究数量呈指数增长。俨然, MRI 已成为研究者的首选工具, 静息态 fMRI 更是得到研究者的一致推崇。Martino 等 (2009) 对 539 名 ASD 患者和 537 名正常人静息态 fMRI 数据分析发现, 大脑皮层各区欠连接, 而过度连接主要影响与皮质下结构的连接, 特别是丘脑、苍白球与初级顶叶感觉运动区的连接。Mohammad-Rezazadeh 等 (2016) 提出, 尽管众多研究使用 fMRI 研究任务相关和静息状态下的功能连接性, 但脑电/脑磁图由于丰富的时间动力学特性, 更适合描述功能性和连接性。Giulia 等 (2014) 利用 EEG 对 6 个月和 12 个月婴儿进行神经功能连接性指标测量以测试幼儿患病风险, 发现到 12 个月大时, 与低风险婴儿相比, 患有自闭症风险婴儿的功能连接性降低。最近, EEG 被用来评估 8~13 岁 ASD 儿童在实践运动中控制任务时的脑电波振荡变化 (Ewen et al., 2016)。ASD 儿童在执行实践任务时表现出与任务相关的脑电波功率调制降低, 表明其运动障碍可能与额顶叶实践网络的活动减少有关。ASD 中的运动损伤与异常的神经生理机制相关, 因此可以通过引入干预措施测量其损伤程度, 同时提供了一个潜在的基于大脑的标记物。

ASD 运动异常特征明显, 但其临床表现的复杂性与潜在的神经生物学机制仍有待深入研究。越来越多的研究集中于挖掘 ASD 的神经生物学机制, 随着影像学技术的发展, ASD 运动障碍神经机制研究取得了一些阶段性成果 (表 2)。

表 2 ASD 运动功能障碍神经影像学诊断措施

Table 2 Neuroimaging Diagnosis of ASD Motor Impairments

作者	评测方式	神经学机制
Mostofsky 等 (2009)	静息态 fMRI	小脑侧前叶活动减少; 皮层和皮层下区域的运动执行网络连接性下降; 大脑和小脑运动区域呈现相对分离
Qiu 等 (2010)	MRI 态、LDDMM	右侧基底神经节形状的变形; 表面变形存在于尾状核、壳核和苍白球中; 右后壳核的表面向内变形预测较差的运动技能
Nebel 等 (2014)	静息态 fMRI	大脑中央前回的功能分区内和功能分区之间连接性存在不足或过度连接
Marrus 等 (2018)	静息态 fMRI	大脑背侧注意网络、扣带回、额顶叶、皮层下网络、默认模式网络与粗大动作发展相关

一项关于 ASD 儿童运动障碍的病理生理机制研究揭示,前庭系统与小脑和脑干的中枢连接功能障碍可能是 ASD 儿童出现奇怪运动行为的原因(Ornitz, 1974)。借用神经影像学研究发现,ASD 运动功能障碍儿童存在大脑结构异常现象,研究者对 ASD 大脑功能连接异常这一认识基本达成共识。Nebel 等(2014)采用静息态 fMRI 对 ASD 儿童研究表明,ASD 运动障碍程度与大脑中央前回各区域间的连接强度有关,背内侧-后外侧连接性下降导致机体协调性降低,不同功能分区的连接强度与 ASD 表现特征的严重程度有关。Marrus 等(2018)对 187 名 12 个月和 24 个月的 ASD 婴幼儿通过 MSEL 量表与脑部 MRI 进行了粗大动作评估,根据自然睡眠中获得的 fMRI 分析步行和粗大动作技能评分与脑部网络功能连接的关系。研究表明,婴幼儿脑部网络功能与行走和运动功能有较强的关联,该年龄段婴幼儿脑部网络水平连接的增加和减少可能是行走和运动功能发展的基础。

近期研究发现,皮质下功能回路异常(如皮质-纹状体-丘脑-皮质)可能是 ASD 感觉运动临床障碍的基本机制。Qiu 等(2010)研究提出,ASD 儿童运动障碍与右基底神经节形状的变形有关;多个对比分析显示,ASD 男孩右后壳核的表面向内变形预示着较差的运动技能,双侧前、后壳核的内向变形预示预后较差。

综观运动障碍测评工作发展历程,标准化运动发育测量表只对动作技能进行量化评估,无法做到精确化。随着生物技术发展,研究人员将生物力学和神经生物学引入动作发展评估领域,使得 ASD 运动障碍研究更加全面,从内在发病机制到外在运动技能水平测评进入具体化。临床实践主要借助先进实验设备,挖掘 ASD 儿童运动功能障碍的神经生理学机制,这有助于体现神经系统对典型和非典型运动结果的贡献。遗憾的是,目前仍缺少大样本 ASD 儿童运动功能障碍的长期追踪性研究。

### 3 ASD 儿童运动功能障碍干预研究进展

长期以来,研究者致力于体育运动对 ASD 三大核心症状的康复治疗研究,针对运动功能障碍的干预研究近年逐渐兴起,主要集中在个案干预研究,少见大范围横截面和追踪性研究。Karen 等(2018)对 6~17 岁 ASD 儿童和典型发育儿童在身体、娱乐、社交、技能、工作以及家务劳动方面之间的异同进行研究显示,在 11~17 岁之间,ASD 儿童的参与水平比正常儿童要低得多,并且随着年龄增长,其在许多类型的休闲活动中参与差距越来越大,最终导致成年后参与活动的有限性。幼儿时期进行干预以增加活动参与,有助于促进成年后的技能发展。

基本运动技能干预课程(fundamental motor-skill, FMS)一度受到研究者的推崇,它是一项基础性干预方式,包括姿势、移动、实物操作、抓握等一般动作发展。该

干预课程由专业教师和研究人員共同指导,根据受试对象设置单元教学计划及技能目标,有助于 ASD 儿童建立更熟练的 FMS 模式,进而从事更高水平的体育活动。Bremer 等(2016)采用 12 周运动技能干预课程对 5 名 3~7 岁 ASD 儿童进行运动干预,包括跑步、跳跃、跳跃投掷、接球、踢腿,发现 FMS 干预可以有效提高运动技能,并可能改善个体行为。该结果得到另一探索性研究的支持。Ketcheson 等(2016)对 11 名 4~6 岁 ASD 儿童进行运动技能干预课程对照实验,实验组参加为期 8 周的干预,包括 4 h/天、5 天/周的运动技能干预练习。研究发现,与基线相比,实验组儿童的粗大动作与精细动作都有了不同程度的提高,粗大动作和精细动作分别在干预 4 周、6 周开始出现显著性差异。目标控制结果方面,在第 4 周和第 8 周之间技能有显著提高。不过很难知道,实现动作技能显著改进的时间长短差异是否可归因于运动技能复杂性或对象控制技能的要求。目前,需要更多关于运动技能干预课程运动强度及运动量的量化研究,未来研究应考虑对控制组和实验组的技能进行测量,以确定运动技能改变是否是运动干预的直接结果。

近年来,水疗干预进入研究者的视野,并且越来越受关注。水疗是基于流体力学的原理,一方面,可以通过水温、体重减轻和前庭输入提供多种感官刺激;另一方面,水的特性有助于积极运动,提供姿势上的支持,并促进痉挛肌肉的放松,改善循环系统,使各种基本运动技能得以发展。研究表明,相比普通儿童,ASD 更喜爱水中运动项目(Eversole et al., 2016)。水疗干预可以改善 ASD 儿童动作的笨拙、缓慢,提高动作的平衡性、灵敏性、协调性以及促进心肺功能发展。临床实践中,Halliwick 方法通常是 ASD 儿童进行水疗课程结构设计的基础(Fragala-Pinkham et al., 2008)。20 世纪 40 年代,James McMillan 提出 Halliwick 方法,随后将其引入残疾人运动康复领域。关于 ASD 的水疗研究多采用 Halliwick 方法中 60~90 min/次、2~3 次/周,持续 10~16 周的推荐量。一项为期 14 周的水疗运动干预研究显示,包括 ASD 在内的残疾儿童心肺耐力和健康水平有明显提升(Fragala-Pinkham et al., 2008)。经过为期 14 周的水疗干预,Pan 等(2011)发现,ASD 儿童的肌肉力量和耐力得到改善。Yanardag 等(2013)研究也支持了以上结果,经过 12 周的水疗计划,ASD 儿童的运动能力提高。

Halliwick 方法同时倡导不借助任何教学辅助器材,在“一对一”教学模式中进行干预。它对 ASD 儿童运动技能提高效果显著。然而,在当今融合教育理念背景下,如何将融合教育理念与 Halliwick 干预方法更好地结合以促进 ASD 儿童发展是值得研究的课题。此外,水疗研究受样本量小、缺少参照物、抽样方法粗糙和缺乏标准化结果测量的限制,仍需深入探索。

形式多样化的水中游戏、水中运动项目不失为一种较好的选择,水中行走、仰漂、踩水、潜水、漂浮打腿等方式对提高 ASD 儿童社会交往、减少刻板行为、增加身体活动、改善身体动作等方面具有良好效果。虽然越来越多的证据表明对自闭症儿童进行水疗可产生良好效果,但除了以上方式外,选取 ASD 儿童感兴趣的运动技能项目如骑自行车、乒乓球、篮球等进行干预也能取得较好的效果。Macdonald 等(2012)使用一辆改装自行车和个性化指导,指导 71 名 ASD 青少年儿童骑两轮自行车,5 天干预结束后,85.4% 的 ASD 儿童成功掌握骑自行车技能。一项系统综述强调了各种体育活动干预对 16 岁以下 ASD 儿童的益处。研究发现,慢跑、骑马、武术、游泳和瑜伽/舞蹈可以改善刻板行为、运动功能、社会认知和注意力(Bremer et al., 2016)。这些积极的研究突出了为 ASD 患者研发运动障碍干预措施的迫切需要。

#### 4 结论

动作障碍或缺陷已成为 ASD 儿童重要表现特征之一,了解 ASD 儿童的真实运动水平显得极其重要。目前,国内有关 ASD 运动功能领域的研究尚在起步阶段,并无专门适合 ASD 婴幼儿和儿童动作功能测评的统一标准工具,主要还是依托其他类型特殊儿童的动作评估量表,但已有评估工具缺乏对特殊儿童测评时的详细指导。结合 ASD 的典型症状,进行多学科交叉研究,制订科学专业 ASD 运动功能障碍定量评估标准迫在眉睫。此外,当前研究多局限于使用评估量表对运动功能进行评测,缺乏纵向追踪性研究。今后,应深入探讨 ASD 运动障碍表现特征和神经学病理机制,进一步挖掘运动障碍与核心症状的相互关系。在此基础上,发现确定动作障碍时间,制订及时、专业、个性化、科学的干预措施,是提高 ASD 儿童动作技能发展亟须解决的重要内容。

#### 参考文献:

AJZENMAN H F, STANDEVEN J W, SHURTLEFF T L, et al., 2013. Effect of hippotherapy on motor control, adaptive behaviors, and participation in children with autism spectrum disorder: A pilot study[J]. *Am J Occup Ther*, 68(6):653-663.

ALLEN K A, BREDERO B, VAN DAMME T, et al., 2017. Test of gross motor development-3 (TGMD-3) with the use of visual supports for children with autism spectrum disorder: Validity and reliability[J]. *J Autism Dev Disord*, 47(3):813-833.

ANDERSON-HANLEY C, TURECK K, SCHNEIDERMAN R L, 2011. Autism and exergaming: Effects on repetitive behaviors and cognition[J]. *Psychol Res Behav Manag*, 4:129-137.

ANZULEWICZ A, SOBOTA K, DELAFIELD-BUTT J T, 2016. Toward the autism motor signature: Gesture patterns during smart tablet gameplay identify children with autism[J]. *Sci Rep*, 6:1-13.

APA, 2013. Diagnostic and statistical manual of mental disorders(5th ed)[M]. American Psychiatric: Arlington, VA.

BISHOP S L, FARMER C, BAL V, et al., 2017. Identification of developmental and behavioral markers associated with genetic abnormalities in autism spectrum disorder[J]. *Am J Psychiatry*, 174(6): 576-585.

BREMER E, LLOYD M, 2016. School-based fundamental-motor-skill intervention for children with autism-like characteristics: An exploratory study[J]. *Adapt Phys Activ Q*, 33(1): 66-68.

CALHOUN M, LONGWORTH M, CHESTER V L, 2011. Gait patterns in children with autism[J]. *Clin Biomech*, 26(2):200-206.

CHAWARSKA K, PAUL R, KLIN A, et al., 2007. Parental recognition of developmental problems in toddlers with autism spectrum disorders[J]. *J Autism Dev Disord*, 37(1):62-72.

CHU C H, PAN C Y, 2012. The effect of peer- and sibling-assisted aquatic program on interaction behaviors and aquatic skills of children with autism spectrum disorders and their peers/siblings[J]. *Res Autism Spectr Disord*, 6(3):1221-1223.

DISTEFANO C, GULSRUD A, HUBERTY S, et al., 2016. Identification of a distinct developmental and behavioral profile in children with Dup15q syndrome[J]. *J Neurodev Disord*, 8(19):2-13.

EGGLESTON J D, HARRY J R, HICKMAN R A, et al., 2017. Analysis of gait symmetry during over-ground walking in children with autism spectrum disorder[J]. *Gait Posture*, 55:162-166.

EVERSOLE M, COLLINS D M, KARMARKAR A, et al., 2016. Leisure activity enjoyment of children with autism spectrum disorders[J]. *J Autism Dev Disord*, 46(1):10-20.

EWEN J B, LAKSHMANAN B M, PILLAI A S, et al., 2016. Decreased Modulation of EEG oscillations in high-functioning autism during a motor control task[J]. *Front Hum Neurosci*, 10:1-11.

FLANAGAN J, LANDA R, BHAT A, et al., 2012. Head lag in infants at risk for autism: A preliminary study[J]. *Am J Occup Ther*, 66(5):557-585.

FORTI S, VALLI A, PEREGO P, et al., 2011. Motor planning and control in autism[J]. A kinematic analysis of preschool children[J]. *Res Autism Spectr Disord*, 5(2): 834-842.

FRAGALA-PINKHAM M, HALEY S M, O'NEIL M E, 2008. Group aquatic aerobic exercise for children with disabilities[J]. *Dev Med Child Neurol*, 50(11):822-827.

GIULIA R, TIERNEY A L, HELEN T F, et al., 2014. Functional connectivity in the first year of life in infants at risk for autism spectrum disorder: An EEG study[J]. *PLoS One*, 9(8): 1-8.

GRACE N, GREGORY P, BETH E, et al., 2017. Do handwriting difficulties correlate with core symptomology, motor proficiency and attentional behaviours? [J]. *J Autism Dev Disord*, 47: 1006-1017.

HILTON C, CUMPATA K, KLOHR C, et al., 2014. Effects of exergaming on executive function and motor skills in children with autism spectrum disorder: A pilot study[J]. *Am J Occup Ther*, 68(1): 57-65.

HOLLOWAY J M, LONG T, BIASINI F, 2019. Concurrent validity of two standardized measures of gross motor function in young children with autism spectrum disorder[J]. *Phys Occupl Ther Pediatr*, 39(2):193-203.

HUI K K, MARINA O, LIU J, et al., 2010. Acupuncture, the limbic system, and the anticorrelated networks of the brain[J]. *Auton Neu-*

- roschi, 157(1-2):81-90.
- JANSIEWICZ E M, GOLDBERG M C, NEWSCHAFFER C J, et al., 2006. Motor signs distinguish children with high functioning autism and asperger's syndrome from controls[J]. *J Autism Dev Disord*, 36(5): 613-625.
- KARASIK L B, TAMIS-LEMONDA C S, ADOLPH K E, 2011. Transition from crawling to walking and infants' actions with objects and people[J]. *Child Dev*, 82(4):1199-1209.
- KAREN R, ICKPYO H, CLAUDIA H, 2018. Leisure participation patterns for school age youth with autism spectrum Disorders: Findings from the 2016 national survey of children's health[J]. *J Autism Dev Disord*, 48(11):3783-3793.
- KASARI C, FREEMAN S, PAPERELLA T, et al., 2005. Early intervention of core deficits in autism [J]. *Clinical Neuropsychiatry*, 2(6):380-388.
- KETCHESON L, HAUCK J, ULRICH D, 2016. The effects of an early motor skill intervention on motor skills, levels of physical activity, and socialization in young children with autism spectrum disorder: A pilot study[J]. *Autism*, 24(1):481-492.
- LANDA R, GARRETT-MAYER E, 2006. Development in infants with autism spectrum disorders: A prospectivestudy[J]. *J Child Psychol Psyc*, 47(6):629-638.
- LIM B O, O'SULLIVAN D, CHOI B G, et al., 2016. Comparative gait analysis between children with autism and age-matched controls: Analysis with temporal-spatial and foot pressure variables[J]. *J Phys Ther Sci*, 28(1):286-292.
- LIU T, BRESLIN C M, 2013. Fine and gross motor performance of the MABC-2 by children with autism spectrum disorder and typically developing children[J]. *Res Autism Spectr Dis*, 7(10):1244-1249.
- LLOYD M, MACDONALD M, LORD C, 2013. Motor skills of toddlers with autism spectrum disorders[J]. *Autism*, 17(2):133-146.
- MACDONALD M, ESPOSITO P, HAUCK J, et al., 2012. Bicycle training for youth with down syndrome and autism spectrum disorders[J]. *Focus Autism Dev Dis*, 27(1):12-21.
- MACDONALD M, LORD C, ULRICH D, 2013a. The relationship of motor skills and social communicative skills in school-aged children with autism spectrum disorder[J]. *Adapt Phys Act Q*, 30(3): 271-282.
- MACDONALD M, LORD C, ULRICH D, 2013b. The relationship of motor skills and adaptive behavior skills in young children with autism spectrum disorders[J]. *Res Autism Spectr Disord*, 7(11): 1383-1390.
- MARRUS N, EGGBRECHT A T, TODOROV A, et al., 2018. Walking, gross motor development, and brain functional connectivity in infants and toddlers[J]. *Cereb Cortex*, 28(2):750-763.
- MARTINO A D, YAN C G, LI Q, et al., 2009. The autism brain imaging data exchange: towards a large-scale evaluation of the intrinsic brain architecture in autism [J]. *Molecular Psychiatry*, 19(6): 659-667.
- MOHAMMAD-REZAZADEH I, FROHLICH J, LOO S K, et al., 2016. Brain connectivity in autism spectrum disorder[J]. *Curr Opin Neurol*, 29(2):137-147.
- MORTIMER R, PRIVOPOULOS M, KUMAR S, 2014. The effectiveness of hydrotherapy in the treatment of social and behavioral aspects of children with autism spectrum disorders: A systematic review[J]. *J Multidiscip Healthc*, 7:93-104.
- MOSTOFSKY S H, POWELL S K, SIMMONDS D J, et al., 2009. Decreased connectivity and cerebellar activity in autism during motor task performance[J]. *Brain*, 132: 2413-2425.
- NEBEL M B, ELOYAN A, BARBER A D, et al., 2014. Precentral gyrus functional connectivity signatures of autism [J]. *Front Syst Neurosci*, 8:80-90.
- ORNITZ E M, 1974. The modulation of sensory input and motor output in autistic children [J]. *J Autism Child Schizophr*, 4(3): 197-215.
- PAN C Y, 2011. The efficacy of an aquatic program on physical fitness and aquatic skills in children with and without autism spectrum disorders[J]. *Res Autism Spectr Disord*, 5(1):657-665.
- PAUK J, ZAWADZKA N, WASILEWSKA A, et al., 2016. Gait deviations in children with classic high-functioning autism and low-functioning autism[J]. *J Mech Med Biol*, 17(3):1-13.
- QIU A, ADLER M, CROCKETT D, et al., 2010. Basal ganglia shapes predict social, communication, and motor dysfunctions in boys with autism spectrum disorder [J]. *J Am Acad Child Adolesc Psychiatry*, 49(6):539-551.
- RIMLAND B A, 2003. Commentary: Autism-related language, personality, and cognition in people with absolute pitch: Results of the preliminary study[J]. *J Autism Dev Disord*, 33(2):169-174.
- ROBINSON L E, 2011. The relationship between perceived physical competence and fundamental motor skills in preschool children[J]. *Child Care Health Dev*, 37(4):589-596.
- TEITELBAUM P, 1998. Movement analysis in infancy may be useful for early diagnosis of autism [J]. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 95(23):649-660.
- TITIANOVA E B, MATEEV P S, TARKKA I M, 2004. Footprint analysis of gait using a pressure sensor system[J]. *J Electromyogr Kinesiol*, 14(2):275-281.
- TREVARTHEN C, DELAFIELD-BUTT J T, 2013. Autism as a developmental disorder in intentional movement and affective engagement[J]. *Front Integr Neurosci*, 7(49):1383-1390.
- VERNAZZA-MARTIN S, MARTIN N, VERNAZZA A, et al., 2005. Goal-directed locomotion and balance control in autistic children[J]. *J Autism Dev Disord*, 35(1):91-102.
- WHYATT C P, CRAIG C M, 2011. Motor skills in children aged 7-10 years, diagnosed with autism spectrum disorder[J]. *J Autism Dev Disord*, 42(9):1799-1809.
- WILSON R B, ENTICOTT P G, RINEHART N J, 2018. Motor development and delay: Advances in assessment of motor skills in autism spectrum disorders[J]. *Current Opinion Neurol*, 31(2):1-6.
- YANARDAG M, AKMANOGLU N, YILMAZ I, 2013. The effectiveness of video prompting on teaching aquatic play skills for children with autism[J]. *Disabil Rehabil*, 35(1):47-56.
- YILMAZ I, YANARDA M, BIRKAN B, et al., 2004. Effects of swimming training on physical fitness and water orientation in autism[J]. *Pediatr Int*, 46(5):624-626.

(收稿日期:2020-05-11; 修订日期:2021-07-03; 编辑:马婧)