

·临床论著·

丰富环境下的有氧运动对孤独症谱系障碍儿童重复刻板行为和工作记忆的影响

王 银¹, 顾 琴¹, 梁冠军¹, 陈小明², 魏 来¹, 张何威¹, 李明娣^{1*}

1 苏州大学附属儿童医院, 江苏 苏州 215004;

2 苏州市吴中区乐航特殊儿童早期干预中心, 江苏 苏州 215128

* 通信作者: 李明娣, E-mail: 229545990@qq.com

收稿日期: 2023-10-08; 接受日期: 2024-05-20

基金项目: 苏州市科教卫青年科技项目(KJXW2021027)

DOI: 10.3724/SP.J.1329.2024.05004

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



摘要 **目的** 探讨丰富环境下的有氧运动对孤独症谱系障碍(ASD)儿童重复刻板行为和工作记忆的影响。**方法** 选取于2022年5—12月在苏州大学附属儿童医院康复科就诊的ASD儿童62例为研究对象,采用随机数字表法,分为对照组和观察组,每组31例。2组均进行常规康复训练;此外,对照组进行小组室内散步活动,观察组采用小组室内跨越障碍物跑步的方式进行有氧运动,并且每周更换1次室内环境。15 min/次,2次/d,5 d/周,连续进行15周。治疗前后采用重复刻板行为检查表(RBS-R)进行重复刻板行为评估,采用第4版韦氏幼儿/儿童智力量表(WPPSI/WISC-IV)进行工作记忆的评估。**结果** 治疗15周后,对照组RBS-R总分较治疗前有明显降低($P < 0.05$);观察组在刻板行为、强迫行为和总分上均较治疗前有明显降低($P < 0.05$, $P < 0.01$);2组组间比较,观察组在刻板行为和总分上明显低于对照组($P < 0.05$);观察组WPPSI/WISC-IV评分中的工作记忆较治疗前有明显提高($P < 0.05$),对照组较治疗前无明显变化。有氧慢跑干预停止后4周,观察组RBS-R得分较干预15周时进一步降低($P < 0.05$)。**结论** 丰富环境下有氧运动可以减少ASD儿童的重复刻板行为,提升工作记忆功能,并且在有氧运动停止后可持续减少ASD儿童的重复刻板行为。

关键词 孤独症谱系障碍;有氧运动;重复刻板行为;丰富环境;工作记忆

孤独症谱系障碍(autism spectrum disorder, ASD)是一组非典型神经系统发育的症候群,在儿童发育早期即可发现,以持续存在的社会交往障碍和狭隘的兴趣活动、重复刻板的行为为临床典型特征^[1]。据美国疾病预防控制中心报告显示,ASD的患病率在2014、2016、2018和2020年,分别为1/59、1/54、1/44和1/36,呈现明显的上升趋势^[2]。2020年我国的一项研究显示,ASD患病率低于美国,约为1/143,但近几年也呈上升趋势^[3]。

目前,ASD儿童多采用综合性康复治疗和教育的方式来改善他们的异常行为,提升认知能力,促

进ASD儿童社会交往能力的发展^[4-5]。单纯针对ASD儿童重复刻板行为的有效治疗方法研究不多,已有的方法有自我管理策略、结构化教育和行为干预等^[6-7],这些方法主要利用强化物进行重复刻板动作的监督和管理,但是这些方法对于ASD儿童的年龄和认知执行能力有较高要求,对于学龄前儿童较难实施。国内外有研究显示,小组课和体育活动对ASD儿童社交能力和刻板行为有改善作用^[8-9],并且在一段时间的体育运动后ASD儿童的学业表现也有改善。基于此,本研究选择丰富环境下的小组有氧运动方式,观察其对ASD儿童重复刻板行为及工

引用格式: 王银,顾琴,梁冠军,等. 丰富环境下的有氧运动对孤独症谱系障碍儿童重复刻板行为和工作记忆的影响[J]. 康复学报, 2024, 34(5): 443-449.

WANG Y, GU Q, LIANG G J, et al. Effect of aerobic exercise in an enriched environment on restricted repetitive behaviors and working memory in children with autism spectrum disorder [J]. Rehabil Med, 2024, 34(5): 443-449.

DOI: 10.3724/SP.J.1329.2024.05004

©《康复学报》编辑部, 开放获取 CC BY-NC-ND 4.0 协议

© Rehabilitation Medicine, OA under the CC BY-NC-ND 4.0

作记忆的影响。

1 临床资料

1.1 病例选择标准

1.1.1 诊断标准 诊断符合《美国精神障碍诊断与统计手册第5版》^[10]中关于ASD的诊断标准。

1.1.2 纳入标准 ① 无精神运动迟滞或其他疾病引发的社交言语障碍(如 Rett 综合征等);② 第4版韦氏幼儿/儿童智力量表(the fourth edition of the Webster Toddler/childhood intelligence scale, WPPSI/WISC-IV)总智商 ≥ 70 ,且言语理解因子部分得分 ≥ 70 ;③ 既往无心脏病、哮喘、糖尿病、高血压等疾病;④ 能配合完成简单指令;⑤ 能配合完成相应的检查、评估和治疗。

1.1.3 排除标准 ① 既往有癫痫发作史;② 存在其他共患病;③ 除了本研究所用治疗方法外,还需要药物治疗和/或其他治疗者;④ 既往有脑外伤、脑手术史等神经系统疾病。

1.1.4 中止和脱落标准 ① 患儿在方案实施期间自行退出;② 患儿依从性不佳,无法配合方案完成。

1.2 一般资料

选取2022年5—12月在苏州大学附属儿童医院康复科就诊的ASD患儿65例,入组前进行运动耐受检查,具体方法:采用心肺运动试验进行测试,以受试者心率变化和主观劳累程度为监测指标,正式开始前休息3 min,热身活动3 min,之后进行5~15 min跑步机上跑步活动,期间以递增的方式调整速度和斜坡,结束后恢复放松3 min。3例(1男,2女)因主观感受运动不耐受,运动后不适反应(心慌、欲呕吐)明显,主动退出试验。剩余62例按照随机数字表法分为对照组和观察组,每组31例。2组性别、年龄、智商(intelligence quotient, IQ)比较,差异均无统计学意义($P > 0.05$)。见表1。本研究所有患儿家长均了解研究内容且签署知情同意书,研究内容经过苏州大学附属儿童医院伦理委员会审核批准(审批号:2022CS063)。

表1 2组一般资料比较

Table 1 Comparison of general data between two groups

组别	例数	性别		年龄/ ($\bar{x} \pm s$, 岁)	IQ/($\bar{x} \pm s$, 分)
		男	女		
观察组	31	25	6	5.37 \pm 1.86	72.70 \pm 14.40
对照组	31	26	5	5.91 \pm 1.13	70.90 \pm 12.30
χ^2/t 值		0.074		1.381	0.529
P 值		0.411		0.172	0.599

2 方法

2.1 治疗方法

2.1.1 对照组 4~6例1组,由2名治疗师陪同,1名治疗师在前,1名治疗师在后,在空旷安静教室内进行舒适的散步活动。每次15 min,每天2次,上、下午各1次。开始前,患儿进行5 min热身活动,游戏结束后进行5 min的伸展活动,并及时给予患儿温开水和强化物。每周进行5次,连续进行15周。

2.1.2 观察组 采用感统室内跨越障碍物跑步的方式进行有氧运动。活动方式:4~6例1组,由1名治疗师陪同,1名治疗师在前,1名治疗师在后,进行室内跨越障碍物跑步活动(每隔25 m放置一个15 cm高的跨栏架,一圈约100 m),每周五训练后更改室内布局,包括在运动过程改变室内照明程度:由1名专门治疗师改变亮灯的数量和位置(灯管由前至后依次编号,共8盏灯),起初室内灯管全亮,治疗师每隔2 min按次序熄灭一盏灯,每间隔2 min更换跑步背景音乐。为每个患儿佩戴同一品牌运动手环以记录运动过程中心率的改变,运动手环与手机连接,记录儿童运动过程中的实时心率。治疗师在整个运动过程中观察儿童呼吸频率和面部颜色的改变。以运动前后呼吸频率的增加、心率的改变和面部颜色的改变确定有氧运动的强度。儿童有氧运动的强度为运动时心率控制在(170-年龄)的水平,也可按最高心率数控制在(220-年龄)的50%~60%为标准。活动之前对患儿进行跨越障碍物跑步动作分解教学,确保患儿学会协调的运动姿势,以避免不协调的运动模式增加患儿的运动难度和能耗,在跨越障碍物过程中保持专注,避免摔倒。根据《学龄前儿童(3~6岁)运动指南》^[11]和《中国儿童青少年身体活动指南》^[12]的建议,学龄前儿童(3~6岁)、儿童青少年(6~17岁)每天应累计60 min以上中等至高等强度的身体活动。我国部分地区男童每日平均中等强度的身体活动时间为46.93~74.42 min,女童每日平均中等强度身体活动时间为43.92~68.97 min。本次试验设定每次慢跑时间为15 min,每天2次,上、下午各1次。开始前,患儿进行5 min热身活动,游戏结束后进行5 min的伸展活动,并及时给予患儿温开水和强化物,上、下午累计身体活动时间为50 min。每周进行5次,连续进行15周。

2.2 观察指标

2组患儿分别于干预前、有氧运动干预15周、有氧运动干预停止后4周采用重复刻板行为检查表

(repetitive behavior scale-revised, RBS-R)进行重复刻板行为评估,该量表在干预前1 d,干预15周当天及干预停止后4周当天完成测评,干预前后采用WPPSI/WISC-IV进行工作记忆评估,该量表在干预前及干预后1周内完成测评。

2.2.1 重复刻板行为评分 RBS-R 该量表共43个条目,包括6个核心部分的内容:刻板行为、自伤行为、强迫行为、仪式化行为、同一性行为、限制行为。按照出现的轻重程度分为0~3分4个程度,0分:没有;1分:轻微;2分:中等程度;3分:严重。总分129分,得分越高表示其重复刻板行为问题越严重。该中文版量表具有较好的信度及效度,可作为ASD儿童重复刻板行为治疗效果的有效评估工具^[13]。为减少因文字理解问题而造成的误差,治疗前后由同一家长或监护人填写问卷表格,再由2名治疗师校对后计算总分。

2.2.2 工作记忆能力评分 WPPSI/WISC-IV是评估4.5~16岁儿童智力水平的智力测验工具,WPPSI包含6个指数:言语理解、视觉空间、流体推理、工作记忆和加工速度;WISC-IV包含4个指数:言语理解、知觉推理、工作记忆和加工速度^[14-15]。本研究主

要进行WPPSI-IV和WISC-IV相同的指数总分的比较,包括言语理解、工作记忆、加工速度和总分。

2.3 统计学方法

采用SPSS 26.0统计软件进行数据分析。计量资料服从正态分布采用 $(\bar{x}\pm s)$ 表示,组内干预前后比较采用配对样本 t 检验,组内不同时间点的比较采用重复测量方差分析,组间采用独立样本 t 检验。计数资料采用 χ^2 检验。 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

3 结果

3.1 2组RBS-R评分比较

治疗前,2组RBS-R各子项目和总分比较差异无统计学意义($P>0.05$)。治疗15周后,与治疗前比较,对照组总分有明显降低($P<0.05$);观察组在刻板行为、强迫行为和总分上均有明显降低($P<0.05, P<0.01$);治疗15周后2组组间比较,观察组在刻板行为和总分分值更低($P<0.05$)。干预停止后4周,对照组与治疗15周后相比,总分虽有降低,但差异无统计学意义($P>0.05$);观察组总分较治疗15周后进一步降低($P<0.05$)。见表2。

表2 2组RBS-R评分比较 $(\bar{x}\pm s)$

组别	例数	时间	刻板行为	自伤行为	强迫行为	仪式化行为	同一性行为	限制行为	总分
对照组	31	治疗前	16.59±8.52	10.24±6.44	18.39±10.48	14.99±7.58	18.21±10.11	8.69±5.81	84.11±18.30
		治疗15周后	14.87±7.31	9.53±6.56	15.88±8.57	13.14±7.43	16.14±9.00	7.72±5.24	74.81±16.43 ¹⁾
		干预停止后4周	14.18±7.55	9.29±6.75	14.51±6.14	12.85±7.22	15.07±9.84	7.24±4.32	71.68±16.25
观察组	31	治疗前	15.19±6.54	10.75±6.79	18.30±10.15	13.21±7.49	18.45±10.56	8.19±6.07	82.56±18.24
		治疗15周后	11.34±5.57 ¹⁾³⁾	8.47±5.63	13.29±7.37 ²⁾	10.67±6.35	15.77±10.07	6.26±5.33	63.85±15.27 ²⁾³⁾
		干预停止后4周	9.85±4.66	6.28±4.90	11.10±6.12	9.54±6.47	13.68±9.09	5.93±4.63	53.85±14.09 ⁴⁾

注:与治疗前比较,1) $P<0.05$, 2) $P<0.01$;与对照组同一时间点比较,3) $P<0.05$;与治疗15周后比较,4) $P<0.05$ 。

Note: Compared with that before treatment, 1) $P<0.05$, 2) $P<0.01$; compared with the control group at the same time point, 3) $P<0.05$; compared with that after 15 weeks of treatment, 4) $P<0.05$.

3.2 2组治疗前后WPPSI/WISC-IV评分比较

治疗前2组WPPSI/WISC-IV各项评分和总分比较,差异无统计学意义($P>0.05$);治疗15周后,

观察组工作记忆得分较治疗前有显著提高($P<0.05$),对照组无明显改善($P<0.05$),组间比较差异有统计学意义($P<0.05$)。见表3。

表3 2组治疗前后WPPSI/WISC-IV评分比较 $(\bar{x}\pm s)$

组别	例数	时间	言语理解	工作记忆	加工速度	总分
对照组	31	治疗前	20.34±9.08	16.73±6.64	13.25±6.14	60.44±11.54
		治疗15周后	24.07±9.77	17.42±7.55	14.93±6.85	63.02±12.87
观察组	31	治疗前	21.02±9.62	15.97±6.05	12.84±6.61	61.01±12.51
		治疗15周后	25.28±9.57	22.11±8.76 ¹⁾²⁾	15.73±7.49	65.13±13.79

注:与治疗前比较,1) $P<0.05$;与对照组比较,2) $P<0.05$ 。

Note: Compared with that before treatment, 1) $P<0.05$; compared with the control group, 2) $P<0.05$.

4 讨论

4.1 丰富环境下的有氧运动可以改善ASD儿童重复刻板行为

本研究结果表明,无论是常规干预还是结合丰富环境的有氧运动,均能显著降低ASD儿童的重复刻板行为,而丰富环境下的有氧运动在改善ASD儿童的刻板行为和强迫行为方面效果更为显著。与对照组相比,观察组在治疗后的项目总分以及各子项目上均显示出更优的疗效。刘智妹^[16]研究表明,每天40 min中等强度小篮球运动在ASD儿童刻板行为维度、限制行为维度和刻板行为整体均有明显改善。RENZIEHAUSEN等^[17]研究发现,中等强度体育活动持续15~30 min,对青少年ASD患者的认知、一般行为和刻板/重复行为有积极的影响。这与本研究结果一致。此外,本研究还发现干预停止后4周,观察组儿童的RBS-R评分进一步降低,显示出运动干预的长期效果。FERREIRA等^[18]报道,在有氧运动停止后,运动产生的效果还可以持续抑制ASD儿童副交感神经的兴奋性,促进交感和副交感神经的平衡,从而达到改善前额叶皮质活动的作用,产生持久的效果。在开展丰富环境下的有氧运动过程中,ASD儿童需要协调运用身体,包括观察、模仿、注意力调整、动作调整等,有利于发生脑可塑性的变化。

丰富环境下的有氧运动可以改善ASD儿童重复刻板行为可能与以下因素有关:①重复刻板行为是ASD儿童的2个主要核心症状之一,其发生的主要原因可能是受遗传、环境和大脑环路功能缺陷等多因素影响^[19],还可能同时因为ASD儿童具有脑发育方面的缺陷,如大脑梭状回灰质体积增大、纹状体功能和前额叶区域微型柱的改变等^[20-21]。有研究认为,ASD患儿大脑中的纹状体环路的功能失调,是ASD儿童重复性刻板行为形成的关键原因^[22]。有学者使用SPECT显示脑血流灌注影像,在静息状态或任务状态模式下,ASD患儿双侧前额皮质和右侧基底节部分血流灌注功能普遍下降^[23]。丰富环境下的有氧运动后,流向大脑的血流量增加,双侧前额叶皮质活动增强,提高了大脑额颞叶白质的完整性,进而改善ASD儿童认知控制的神经回路^[24],减少ASD儿童的重复刻板行为。②有专家和学者通过长期的临床评估,提出多感觉整合障碍可能是造成ASD发生重复性刻板行为的重要原因之一^[25-26],当ASD儿童感觉输入不足以满足其发展需求时,ASD儿童会通过重复性刻板行为来满足自身需求。

临床上已有研究证明,多感官刺激可以促进突触连接的增加、提高突触重塑和神经元再生修复^[27]。丰富环境下的有氧运动产生视觉、听觉和本体觉等多感官刺激,满足ASD儿童发展的感觉输入需求,从而减少重复性刻板行为的发生^[28-29]。

4.2 丰富环境下的有氧运动可以改善ASD儿童工作记忆

本研究结果显示,治疗15周后观察组工作记忆得分较治疗前有显著提高,和对照组比较,分值明显升高,表明丰富环境下的有氧运动可以改善ASD儿童工作记忆。据文献报道,运动可以影响大脑可塑性,改变大脑网络功能,改善认知行为^[30-31]。而中等强度的体育干预已经证实可以大大提高ASD儿童的语言和社会能力^[32]。本研究结果与其一致。其机制可能为:人脑的高级认知功能与前额叶有着重要关系,认知功能障碍与前额叶多巴胺的异常有关^[33-34]。另外,纹状体在基底节内,主要负责控制运动认知、执行功能和工作记忆等功能。当纹状体环路功能失调时,多种神经递质成分失衡,影响工作记忆和工作效率^[35]。丰富环境可以增强海马齿状回的神经发生,激活海马区,产生长期增强效应,参与学习和记忆的形成,并改善记忆^[36];有氧运动可以改善大脑血流灌注,激活神经突触兴奋增加,并且使前额叶组织内的多巴胺含量增多,从而提升工作记忆功能。工作记忆是认知功能和执行功能的重要体现之一,是一种对外来信息或已知信息进行暂时加工和储存的记忆系统,也是短时记忆的模式之一^[37]。《2018年美国人体育活动指南》建议,持续20 min剧烈的间歇性有组织的运动,对儿童的认知和大脑健康产生有益影响^[38]。BREMER等^[39]在一项回顾性研究中发现,由慢跑、骑马、武术、游泳或瑜伽/舞蹈组成的运动干预可以改善ASD许多行为结果,包括刻板行为、社会情绪功能、认知和注意力。ORIEL等^[40]亦报道在课堂活动前进行15 min有氧运动会提高ASD儿童的学业表现。

5 小结

综上所述,丰富环境下的有氧运动可显著改善ASD儿童的重复刻板行为和工作记忆,并且在有氧运动停止后,还可以对ASD儿童的重复刻板行为产生持续的改善效果。未来可进一步研究各种类型、多种形式的丰富环境下有氧运动强度及时间对ASD儿童的影响。但由于科学、伦理和实践的局限性,本研究未进行不同运动强度、运动方式和不同严重程度ASD儿童的具体分析,对于评估缺乏更客

观的数据对比,未来研究人员可通过跨学科和跨实验室协作的方式,比较不同运动强度和运动方式作用于不同严重程度的ASD患儿的疗效,证明其有效性及普遍性。

参考文献

- [1] 张道龙. 精神障碍诊断与统计手册[M]. 5版. 北京:北京大学出版社,2014:48.
ZHANG D L. Diagnostic and statistical manual of mental disorders [M]. 5th ed. Beijing: Peking University Publishing House, 2014:48.
- [2] U. S. Department of Health and Human Services. Prevalence and characteristics of autism spectrum disorder among children aged 8 years—autism and developmental disabilities monitoring network, 11 Sites, States United, 2023 [EB/OL]. [2023-03-24]. <http://www.cdc.gov/ncbddd/autism/data.html>.
- [3] ZHOU H, XU X, YAN W L, et al. Prevalence of autism spectrum disorder in China: a nationwide multi-center population-based study among children aged 6 to 12 years [J]. *Neurosci Bull*, 2020, 36(9):961-971.
- [4] 宋虎杰,赵宁侠,杜晓刚,等. 综合疗法对孤独症谱系障碍患儿的效果[J]. *中国康复理论与实践*, 2020, 26(8):960-963.
SONG H J, ZHAO N X, DU X G, et al. Effect of comprehensive treatments on autism spectrum disorder [J]. *Chin J Rehabil Theory Pract*, 2020, 26(8):960-963.
- [5] 樊越波,黄丹,伍小云. 孤独症谱系障碍儿童的综合干预模式[J]. *中国康复*, 2014, 29(4):338-341.
FAN Y B, HUANG D, WU X Y. Comprehensive intervention model for children with autism spectrum disorder [J]. *Chin J Rehabil*, 2014, 29(4):338-341.
- [6] 王纯纯,陈建军,刘洋,等. 自我管理策略改善自闭症谱系障碍者重复刻板行为研究综述[J]. *中国特殊教育*, 2021(2):61-66.
WANG C C, CHEN J J, LIU Y, et al. A research review of self-management strategies to improve restricted repetitive behavior of individuals with autism spectrum disorders [J]. *Chin J Spec Educ*, 2021(2):61-66.
- [7] 孟灵博,麦坚凝,杨思渊. 行为分析法结合结构化教学治疗儿童孤独症的疗效分析[J]. *中国妇幼保健*, 2017, 32(12):2625-2627.
MENG L B, MAI J N, YANG S Y. Analysis on curative effect of applied behavioral analysis combined with structural teaching in treatment of childhood autism [J]. *Matern Child Health Care China*, 2017, 32(12):2625-2627.
- [8] 刘艳虹,霍文瑶,胡晓毅. 美国孤独症干预循证实践研究报告的解读[J]. *中国特殊教育*, 2017(2):31-36.
LIU Y H, HUO W Y, HU X Y. The interpretation of evidence-based practice reports for children with autism in the United States [J]. *Chin J Spec Educ*, 2017(2):31-36.
- [9] DOWNEY R, RAPPORT M J. Motor activity in children with autism: a review of current literature [J]. *Pediatr Phys Ther*, 2012, 24(1):2-20.
- [10] DOERNBERG E, HOLLANDER E. Neurodevelopmental disorders (ASD and ADHD): DSM-5, ICD-10, and ICD-11 [J]. *CNS Spectr*, 2016, 21(4):295-299.
- [11] 关宏岩,赵星,屈莎,等. 学龄前儿童(3~6岁)运动指南[J]. *中国儿童保健杂志*, 2020, 28(6):714-720.
GUAN H Y, ZHAO X, QU S, et al. Physical activity guideline for Chinese preschoolers aged 3-6 years [J]. *Chin J Child Health Care*, 2020, 28(6):714-720.
- [12] 张云婷,马生霞,陈畅,等. 中国儿童青少年身体活动指南[J]. *中国循证儿科杂志*, 2017, 12(6):401-409.
ZHANG Y T, MA S X, CHEN C, et al. Guidelines for physical activity in Chinese children and adolescents [J]. *Chin J Evid Based Pediatr*, 2017, 12(6):401-409.
- [13] 李静亚,姜志梅,崔贵霞,等. 中文版重复刻板行为检查表(修订版)在儿童孤独症群体中的信度和效度分析[J]. *中国中西医结合儿科学*, 2013, 5(3):208-211.
LI J Y, JIANG Z M, CUI G X, et al. Reliability and validity of the Chinese version of the repetitive behavior scale-revised (RBS-R) in children with autism [J]. *Chin Pediatr Integr Tradit West Med*, 2013, 5(3):208-211.
- [14] 陈琳. 韦氏儿童智力量表(中文第四版)在特殊儿童评估中的应用[J]. *现代特殊教育*, 2016(18):32-35.
CHEN L. Application of WISC-IV Chinese version in special need children, questions and suggestions [J]. *Mod Spec Educ*, 2016(18):32-35.
- [15] 丁怡,杨凌燕,郭奕龙,等. 《韦氏儿童智力量表-第四版》性能分析[J]. *中国特殊教育*, 2006(9):35-42.
DING Y, YANG L Y, GUO Y L, et al. Brief introduction and analysis of wechsler intelligence scale for children-fourth edition [J]. *Chin J Spec Educ*, 2006(9):35-42.
- [16] 刘智妹. 小篮球运动对学龄前孤独症谱系障碍儿童重复刻板行为及执行控制网络功能连接的影响[D]. 扬州:扬州大学, 2021:30-33.
LIU Z M. Effect of small basketball on repetitive stereotyped behavior and executive control network function connection in children with preschool autism spectrum disorder [D]. Yangzhou: Yangzhou University, 2021:30-33.
- [17] RENZIEHAUSEN J M, RIVERA P M, KAYLA B M, et al. Physical activity, sleep, and stereotypic behaviors in youth with autism spectrum disorder [J]. *Med Sci Phys Exerc*, 2019, 51(6S):166.
- [18] FERREIRA J P, GHIARONE T, JÚNIOR C R C, et al. Effects of physical exercise on the stereotyped behavior of children with autism spectrum disorders [J]. *Medicina*, 2019, 55(10):685.
- [19] 樊亚蕾,李恩耀,赵鹏举,等. 纹状体及其环路参与孤独症重复刻板行为机制研究进展[J]. *中国实用神经疾病杂志*, 2021, 24(24):2184-2193.
FAN Y L, LI E Y, ZHAO P J, et al. Research progress on the mechanism of repetitive stereotyping behavior of the striatum and its circuits involved in autism [J]. *Chin J Prac Nerv Dis*, 2021, 24(24):2184-2193.
- [20] LANGEN M, KAS M J H, STAAL W G, et al. The neurobiology of repetitive behavior: of mice [J]. *Neurosci Biobehav Rev*, 2011, 35(3):345-355.
- [21] 白晨,王献娜,张通. 孤独症谱系障碍神经影像学研究进展[J]. *中国康复*, 2021, 36(12):760-764.
BAI C, WANG X N, ZHANG T. Research progress in neuroi-

- maging of autism spectrum disorder [J]. *Chin J Rehabil*, 2021, 36(12):760-764.
- [22] 石碧君,曹牧青,静进. 孤独症谱系障碍患儿重复刻板行为及其干预的研究进展[J]. *中华儿科杂志*, 2020, 58(3):245-248. SHI B J, CAO M Q, JING J. Research progress in restricted and repetitive behaviors in autism spectrum disorders [J]. *Chin J Pediatr*, 2020, 58(3):245-248.
- [23] 陈凯云,邓红珠,岑超群,等. 孤独症谱系障碍儿童的局部脑血流灌注特点研究[J]. *新医学*, 2016, 47(12):815-819. CHEN K Y, DENG H Z, CEN C Q, et al. Characteristics of regional cerebral blood flow in children with autism spectrum disorder [J]. *J New Med*, 2016, 47(12):815-819.
- [24] 钟晓珂,张继,王志鹏,等. 身体活动改善超重儿童神经认知功能的系统综述[J]. *中国康复理论与实践*, 2022, 28(4):421-428. ZHONG X K, ZHANG J, WANG Z P, et al. Effect of physical activity on neurocognitive function of overweight children: a systematic review [J]. *Chin J Rehabil Theory Pract*, 2022, 28(4):421-428.
- [25] BEKER S, FOXE J J, MOLHOLM S. Ripe for solution: Delayed development of multisensory processing in autism and its remediation [J]. *Neurosci Biobehav Rev*, 2018, 84:182-192.
- [26] BRANDWEIN A B, FOXE J J, BUTLER J S, et al. The development of multisensory integration in high-functioning autism: high-density electrical mapping and psychophysical measures reveal impairments in the processing of audiovisual inputs [J]. *Cereb Cortex*, 2013, 23(6):1329-1341.
- [27] JANTZ P B. Implementing environmental enrichment strategies to help children who have sustained a moderate or severe traumatic brain injury [J]. *Support Learn*, 2020, 35(3):276-297.
- [28] 左瑞霞. 多感官刺激治疗对儿童孤独症的应用效果观察[J]. *临床研究*, 2019, 27(6):28-30. ZUO R X. Observation on the effect of multi-sensory stimulation therapy on childhood autism [J]. *Clin Res*, 2019, 27(6):28-30.
- [29] 苏红娜,苏红梅,席音音. 多感官训练系统对孤独症患者人际交往能力及家属满意度的影响[J]. *实用临床医学*, 2020, 21(3):77-79. SU H N, SU H M, XI Y Y. Effects of multi-sensory training system on interpersonal skills and family satisfaction in children with autism [J]. *Pract Clin Med*, 2020, 21(3):77-79.
- [30] 湾明月,夏锐,林慧颖,等. 身体活动对大脑可塑性影响的研究进展[J]. *中国康复理论与实践*, 2020, 26(9):1071-1075. WAN M Y, XIA R, LIN H Y, et al. Advance in physical activity for brain plasticity (review) [J]. *Chin J Rehabil Theory Pract*, 2020, 26(9):1071-1075.
- [31] 田亮,叶祥明,周亮,等. 有氧训练改善额叶损伤大鼠认知灵活性的机制研究[J]. *中国康复医学杂志*, 2022, 37(1):27-33. TIAN L, YE X M, ZHOU L, et al. Effects of aerobic training on cognitive flexibility in rats with frontal lobe injury [J]. *Chin J Rehabil Med*, 2022, 37(1):27-33.
- [32] ORIEL K N, KANUPKA J W, FUEHRER A T, et al. The impact of a rock climbing program for adolescents with autism spectrum disorder: a pilot study [J]. *Int J Kinesiol High Educ*, 2018, 2(4):113-126.
- [33] ZHANG C, ZHANG H Y, XU K, et al. Impaired prefrontal cortex-thalamus pathway in intractable temporal lobe epilepsy with aberrant executive control function: MRI evidence [J]. *Clin Neurophysiol*, 2019, 130(4):484-490.
- [34] CARLÉN M. What constitutes the prefrontal cortex? [J]. *Science*, 2017, 358(6362):478-482.
- [35] XING B, LI Y C, GAO W J. Norepinephrine versus dopamine and their interaction in modulating synaptic function in the prefrontal cortex [J]. *Brain Res*, 2016, 1641(Pt B):217-233.
- [36] 张小倩. 丰富环境对成年颞叶癫痫大鼠认知功能的影响及其机制的研究[D]. 沈阳:中国医科大学, 2014:31-35. ZHANG X Q. Study on the effect of environment enrichment on cognitive function and its mechanism in adult rats with temporal lobe epilepsy [D]. Shenyang: China Medical University, 2014:31-35.
- [37] ARNSTEN A F T. The neurobiology of thought: the groundbreaking discoveries of Patricia Goldman-Rakic 1937-2003 [J]. *Cereb Cortex*, 2013, 23(10):2269-2281.
- [38] CHANG Y K, ERICKSON K I, STAMATAKIS E, et al. How the 2018 US physical activity guidelines are a call to promote and better understand acute physical activity for cognitive function gains? [J]. *Sports Med*, 2019, 49(11):1625-1627.
- [39] BREMER E, CROZIER M, LLOYD M. A systematic review of the behavioural outcomes following exercise interventions for children and youth with autism spectrum disorder [J]. *Autism*, 2016, 20(8):899-915.
- [40] ORIEL K N, GEORGE C L, PECKUS R, et al. The effects of aerobic exercise on academic engagement in young children with autism spectrum disorder [J]. *Pediatr Phys Ther*, 2011, 23(2):187-193.

Effect of Aerobic Exercise in an Enriched Environment on Restricted Repetitive Behaviors and Working Memory in Children with Autism Spectrum Disorder

WANG Yin¹, GU Qin¹, LIANG Guanjun¹, CHEN Xiaoming², WEI Lai¹, ZHANG Hwei¹, LI Mingdi^{1*}

¹ Children's Hospital of Soochow University, Suzhou, Jiangsu 215004, China;

² Wuzhong Lehong Early Intervention Center for Special Children in Suzhou, Suzhou, Jiangsu 215128, China

*Correspondence: LI Mingdi, E-mail: 229545990@qq.com

ABSTRACT Objective To observe the effects of aerobic exercise in an enriched environment on restricted repetitive behaviors (RRBs) and working memory in children with autism spectrum disorder (ASD). **Methods** A total of 62 children with ASD who visited the Department of Rehabilitation of Children's Hospital of Soochow University from May to December 2022 were selected as the research subjects. Using the random number table sampling method, these children were randomly divided into control group ($n=31$) and observation group ($n=31$). Both the two groups underwent routine rehabilitation training; in addition, the control group participated in group indoor walking activities, and the observation group engaged in group indoor obstacle-crossing running as a form of aerobic exercise, with the indoor environment being changed once a week. The exercises were performed for 15 minutes per session, twice a day, 5 days a week for 15 weeks. The repetitive behavior scale-revised (RBS-R) was used before and after treatment to assess RRBs, and the fourth edition of the Webster Preschool and Primary Scale of Intelligence/Wechsler Intelligence Scale for Children (WPPSI/WISC-IV) were used for working memory assessment. **Results** After 15 weeks of treatment, the total score of RBS-R in the control group was significantly lower than that before treatment, and the difference was statistically significant ($P<0.05$). The observation group showed significant reductions in stereotyped behavior, compulsive behavior and total score compared to those before treatment, and the differences were statistically significant ($P<0.05$, $P<0.01$). When comparing the two groups, the total RBS-R score in the observation group was significantly lower than that in the control group, and the difference was statistically significant ($P<0.05$). The working memory score of WPPSI/WISC-IV in the observation group significantly improved compared with that before treatment ($P<0.05$), and there was no significant change in the control group compared with before treatment. At 4 weeks after the aerobic exercise intervention was discontinued, the RBS-R scores in the observation group further reduced compared with the scores at the 15 weeks of the intervention, and the differences were statistically significant ($P<0.05$). **Conclusion** Aerobic exercise in an enriched environment can reduce RRBs in children with ASD and improve working memory, and the reduction of RRBs in children with ASD can be sustained after the cessation of aerobic exercise.

KEY WORDS autism spectrum disorder; aerobic exercise; restricted repetitive behaviors; enriched environment; working memory

DOI:10.3724/SP.J.1329.2024.05004

(上接第 442 页)

Development and Application Standards of the Tiered Services Tool and Pathway for Rehabilitation Medicine

GAO Yan, YE Ruixue, XUE Kaiwen, ZHANG Zeyu, WANG Yulong*

Shenzhen Second People's Hospital (The First Affiliated Hospital of Shenzhen University), Shenzhen, Guangdong 518025, China

*Correspondence: WANG Yulong, E-mail: ylwang668@163.com

ABSTRACT Tiered diagnosis and treatment system (TDTS), as the core content of deepening the reform of medical and health system in China, has been recognized as a crucial strategy to optimize the uneven distribution of medical resources and facilitate the allocation of medical resources, therefore relevant policies have been repeatedly introduced to promote its in-depth development. At present, the importance and necessity of tiered diagnosis and treatment has reached a wide consensus in the field of rehabilitation medicine, however, its implementation in clinical practice is not optimistic. Our research team addressed the issue of the significant discrepancies among medical staff at various levels of rehabilitation institutions concerning patient admission and referrals. We have developed the "Tiered Services Tool and Pathway for Rehabilitation Medicine (TSTP-RM)" through literature review, expert survey, multicenter study, and years of clinical experience. In the preliminary research, it has shown that the developed TSTP-RM is user-friendly and conducive to reasonable triage of patients, which promotes the clinical implementation of tiered diagnosis and treatment. In this article, we provided detailed instructions for the development and application of TSTP-RM to facilitate its implementation in clinical practice.

KEY WORDS rehabilitation medicine; tiered services tool; referral pathway; clinical practice standard

DOI:10.3724/SP.J.1329.2024.05003