



运动改善注意缺陷多动障碍儿童执行功能和注意力的研究进展

杨孟超¹, 金鹏², 王德新¹, 陈超^{1*}

(1. 上海体育学院, 上海 200438; 2. 南京航空航天大学, 江苏 南京 210016)

摘要:执行功能和注意力是注意缺陷多动障碍(attention deficit and hyperactivity disorder, ADHD)儿童的核心缺陷,一直备受社会、学校和家庭的深度关注。探究运动改善ADHD儿童执行功能和注意力的影响机制、效果和方法。检索相关研究文献,分析急性、长期运动中运动类型、周期、时长、频次、强度等不同运动变量对ADHD儿童执行功能和注意力的影响。结果表明,通过中等/中高强度的急性、长期的多种方式的运动,均可较为显著改善ADHD儿童的执行功能和注意力,并对ADHD儿童学习表现有所助益。尽管运动改善ADHD儿童执行功能和注意力的效果明显,但更为合理、优化的运动干预方案仍有待继续完善。

关键词:注意缺陷多动障碍;儿童;运动干预;执行功能;注意力

中图分类号:G804.55 文献标识码:A

注意缺陷多动障碍(attention deficit and hyperactivity disorder, ADHD)简称多动症,是在遗传、脑神经异常、环境、心理等多种因素共同作用下导致的(Akutagava-Martinsetal et al., 2013)。当前国外儿童患病率达8%~12%(Archer et al., 2012),学龄儿童患病率达3%~7.2%(Thomas et al., 2015);中国儿童总体患病率为5.7%,学龄儿童患病率为4.31%~5.83%(Wang et al., 2017),全国约有1 461万~1 979万ADHD儿童(王慧, 2017),仅5%患儿被诊断并接受治疗,并且会持续到青春期和成年期(Fayyad et al., 2017)。研究表明,ADHD儿童成年后发展为反社会人格和违法犯罪的风险是正常儿童的5~10倍(常亚军等, 2015),在经济成本、日常生活、学习成绩和心理健康等方面给家庭和社会造成巨大影响(Bledsoe et al., 2019)。

ADHD病理学核心缺陷是执行功能和注意力障碍(Rassovsky et al., 2015)。执行功能是儿童认知功能的重要组成部分,是一切认知心理过程产生和进行的必要心理属性(陈晓霞, 2013)。执行功能的缺陷与ADHD严重程度呈正相关(Depue et al., 2010)。注意力缺陷是ADHD儿童的核心症状,细分为注意力稳定性、选择性和分配性缺陷,表现为注意力不连贯、不完整和一致性缺乏(于敬龙, 2019)。此外,大脑发育相对不完善也与执行功能和注意力缺陷显著相关(Halperin et al., 2008)。

儿童期缺乏运动,导致大脑前额叶发育迟缓,是多动症主要病因之一(Hoogman et al., 2019)。儿童期大脑兴奋度高且可塑性强,对外部刺激更加敏感,是身心发育及

社会适应发展的重要时期(杜长亮等, 2020; Requejo et al., 2020)。因此,缺乏运动导致大脑前额叶发育迟缓是ADHD儿童主要病因之一(Hoogman et al., 2019)。区别于药物和心理治疗,运动以改善人体生理、心理、精神功能障碍为目标。研究证实,急性和长期运动都可以改善执行功能、注意力以及冲动的症状(Mehren et al., 2019),运动干预已经成为社会公认的治疗ADHD儿童的有效措施(黄斌等, 2010)。

本研究旨在梳理ADHD儿童的发生和改善机制,辨析运动对ADHD儿童执行功能和注意力的改善效果,为运动改善ADHD儿童执行功能和注意力提供理论依据和实践参考。

1 研究方法

1.1 文献检索策略

计算机检索“Web of science”“Ebsco”“PubMed”“中国知网”“万方”“维普”数据库,检索时间从各数据库起始年限至2020年5月31日,搜集相关运动干预多动症儿童执

收稿日期:2020-08-24; 修订日期:2022-03-08

基金项目:上海市教育科学研究所项目(C2-2020011);上海市人类运动能力开发与保障重点实验室(11DZ2261100)。

第一作者简介:杨孟超(1994-),女,硕士,主要研究方向为青少年运动健康促进, Email:1981270835@qq.com。

*通信作者简介:陈超(1984-),男,副教授,博士,硕士生研究导师,主要研究方向为儿童青少年体能训练理论与实践, Email:taishanchencao@126.com。

行功能和注意力的实验性研究。中文检索词包括:“运动”“运动干预”“体育锻炼”“有氧运动”“注意缺陷多动障碍”“多动症”“执行功能”“注意力”等,英文检索词包含“ADHD”“attention deficit hyperactivity disorder”“sport”“sports”“physical exercise”“exercise”“exercise intervention”“physical activity”“aerobic exercise”“executive function”“attention”等。英文以 Web of Science 数据库为例:

#1 TS=(ADHD or attention deficit hyperactivity disorder)

#2 TS=(sport or sports or physical exercise or exercise or exercise intervention or physical activity or aerobic exercise)

#3 TS=(cognitive function or executive function or attention or focus or attentiveness or sustained attention)

#4=(#1 and #2 and #3)

1.2 文献纳入及排除标准

1.2.1 文献纳入标准

1)研究对象均为 ADHD 儿童,或实验组均为 ADHD 儿童;2)实验干预方式包含运动干预;3)研究对象无运动障碍,能完成运动干预项目;4)研究的结局指标包含执行功能和注意力的各类量表和评价指标;5)研究类型为实

验性研究。

1.2.2 文献排除标准

1)研究对象为非 ADHD 儿童;2)受试者存在运动障碍,无法完成干预;3)重复发表、质量评估差的文献;4)结局指标不包含执行功能和注意力的各类量表和测试;5)实验干预为非运动干预或者不包含运动干预。

1.3 文献筛选结果

本研究共检索得到相关文献 2 843 篇,剔除重复文献后得到 2 496 篇,通过阅读题目、摘要和全文进一步剔除不相关文献,最后得到 27 篇实验性文章进行研究(图 1)。

2 文献纳入结果

2.1 运动对 ADHD 儿童执行功能的影响

执行功能作为高级认知过程,是大脑多种认知功能的集合,本质是能够加工、控制与协调抑制、工作记忆、认知灵活性、推理、问题解决和计划等认知过程(Anderson et al., 2012; Lunt et al., 2012),通过优化认知反应模式,使大脑作出适宜的反应。在探究运动对 ADHD 儿童执行功能影响的 14 篇文献中,4 篇采用急性运动干预方式,10 篇采用长期运动干预方式(表 1)。

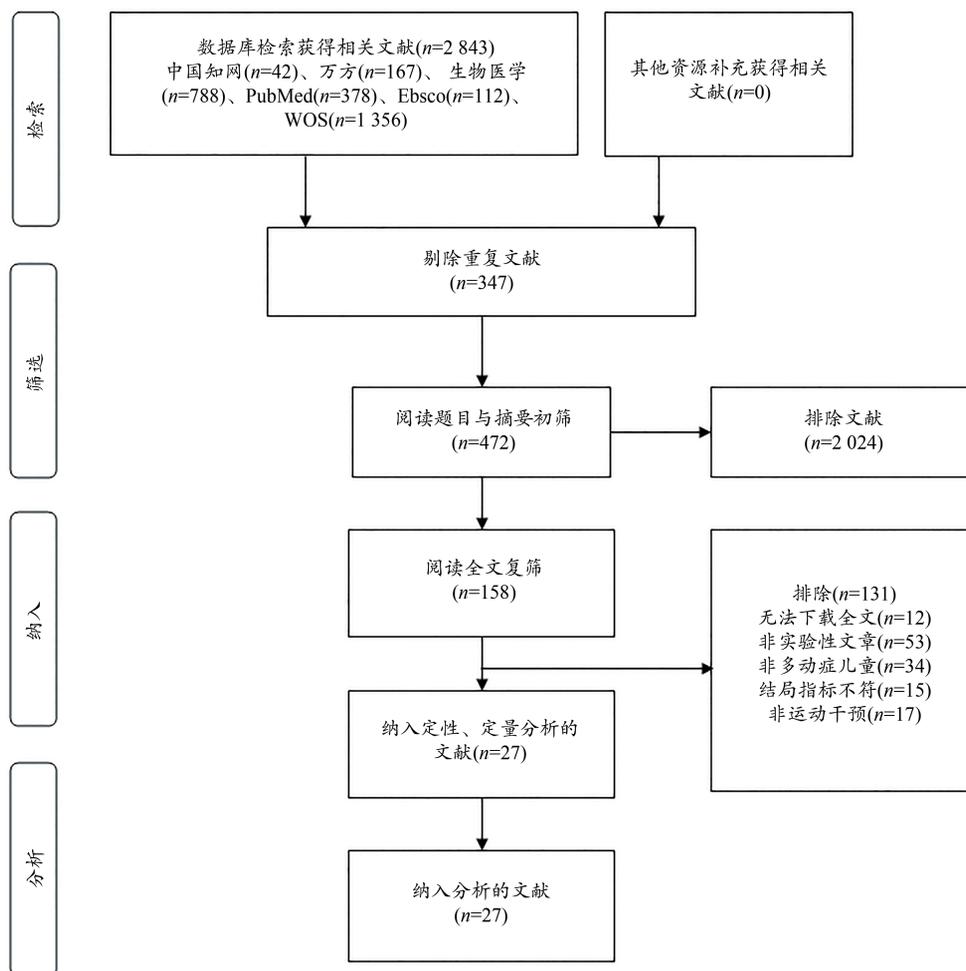


图 1 文献筛选流程

Figure 1. Literature Search and Screen

表1 运动对ADHD儿童执行功能的影响

Table 1 Influence of Exercise on Executive Ability in ADHD Children

作者/出版年	样本数(男/女) 年龄:M±SD 或者范围	干预类型	运动介入				干预 指标	结果措施	干预结果
			干预周 期/周	干预频次/ (次·周 ⁻¹)	单次干 预 时 长/ min	干预强度			
Piepmeyer et al., 2015	14(9/5)ADHD和18(11/7) 非ADHD儿童(10.7± 2.27岁)	有氧运动 (自行车)	—	1	30	中等	认知功 能、执行 功能	Stroop测试、 伦敦塔测试、 TMT	ADHD组Stroop 测试↑;伦敦塔 测试→; 处理速度和抑 制控制能力↑
Chuang et al., 2015	19(16/3)8~12岁 ADHD儿童	跑步机锻炼	—	1	30	中等 (60%HR _{max})	执行 功能	Go/No Go测 试	反应时间↓; 负变异(CNV) 2振幅更小,执 行功能↑
Pontifex et al., 2013	IG和CG各20(14/6) ADHD儿童8~10岁	有氧运动 (跑步机)	—	1	20	中等 (65%~ 75%HR _{max})	执行功 能、学习 成绩	抑制任务、相 关脑电位	反应准确性、刺 激处理能力和 执行功能均↑; 两组阅读理 解和算术成 绩均↑
Chang et al., 2012a	IG20(19/1)、CG20(18/2) ADHD儿童10.43岁	有氧运动 (跑步机)	—	1	30	中等(50% ~70% HRR)	执行 功能	Stroop测试、 WCST测试	Stroop测试 表现↑;在 Stroop颜色词条 条件下↑; 在非持续性 错误和完成的 类别中,IG组 WCST表现↑
宋杨等,2020	44(24/20)ADHD儿童和 40(20/20)正常儿童9.7岁	定向运动 (定向注意、 定向记忆、 定向情境转 换等多种认 知干预)	10	—	25~35	中等(220- 年龄)× (60%~ 69%)	执行 功能	E-Prime 2.0软 件	执行功能的抑 制、刷新、转换变 化均↑;ADHD 儿童执行功能 改善程度高于 正常儿童
Benzing et al., 2019	51(43/8)8~12岁 ADHD儿童	体育游戏 (包含力量、 协调、耐力 训练)	8	3	30	—	执行功 能、运动 表现、多 动症症状	执行功能评 估、Conners-3 量表、运动能 力测试	总反应时间↓; 执行能力↑; 运动表现↑
Benzing et al., 2017	66(//)8~12岁ADHD儿童	体育游戏 (认知训练 和体育锻炼 结合)	8	3	30	中等	执行功 能、运动 表现、多 动症症 状	执行功能表 现(基 于计算机的 测试)、运动 表现和多 动症症状	执行功能、运动 表现和多动症 症状↑
Pan et al.,2016	32(32/0)IG、CG各16 6~12岁ADHD儿童	乒乓球	12+12	2	70	—	执行功 能、运动 技能和 社交能 力	技能熟练程 度、社会行为 和执行功能 表现、神经心 理测量	IG、CG执行 功能均↑; IG手协调能力↑
Memarmoghaddam M et al.,2016	40(40/0)7~11岁 ADHD儿童	综合运动 (球类+ 有氧)	8	3	90	中高强度 (65%~ 80%HRR)	执行功 能	Stroop 测试(认知抑 制)、 Go/No Go测 试(行为抑 制)	与CG相比IG认 知抑制↑; IG行为抑制↑

作者/出版年	样本数(男/女) 年龄:M±SD 或者范围	运动介入					干预 指标	结果措施	干预结果
		干预类型	干预周 期/周	干预频次/ (次·周 ⁻¹)	单次干 预时长/ min	干预强度			
Pan et al., 2015	ADHD和正常儿童各 30(60/0)7~12岁	乒乓球	12	2	70	—	执行功 能	粗大运动发 育测试、Stroop 测试、WCST 测试	执行功能↑
Ziereis et al., 2015	43(32/11)7~12岁 ADHD儿童	综合运动 (控球能力、 平衡能力和 手的灵活性 训练)	12	1	60	—	执行功 能、运动 表现	工作记忆、运 动表现评估	工作记忆、运 动表现↑;对 变量的捕捉 和瞄准↑; IG1和IG2都比 CG在评定工作 记忆性能和运 动技能↑; 与CG相比,IG1 和IG2在所有与 运动相关的变 量上存在显著 差异
Chang et al., 2014	IG: 14(10/4)ADHD儿童 8.2±0.5岁;CG: 13(13/0) ADHD儿童8.8±0.5岁	水上运动	8	2	90	中等	Go/No Go测 试、运动 技能、执 行功能	基本运动能力 测试(手眼协 调)、Go/No Go任务	与CG相比,IG 在Go/No Go测 试的反应时间 和准确性↑; 运动技能协 调性↑
Park et al., 2013	IG: 47(47/0)ADHD 儿童8.9±1.4岁	综合运动 (视听觉刺 激、核心肌肉 训练、目标球 训练、眼动训 练和视觉运 动整合)	12周 以上	2~3	60	—	执行功 能、智力	Stroop颜色 词测试、非言 语智力测验	Stroop得分↑; 非言语智力测 验→;神经同步 任务的表现↑
Kang et al., 2011	IG: 13(15/0)ADHD儿童 8.4±0.9岁;CG: 15(13/0) ADHD儿童8.6±1.2岁	有氧运动+ 药物	6	2	90	中等(60% HR _{max})	多动症 症状、执 行职能、 社会行 为	ADHD评定 量表、数字符 号测试、TMT- B、社交技能 评级	IG: ADHD评定 量表(总分和注 意力不集中), 认知功能↑;IG、 CG合作性↑; CG: 认知功能→

注:IG:实验组;CG:对照组;ADHD:注意缺陷多动障碍;/:未标明男女比例;↑:显著改善;→:无变化;↓:显著下降;Stroop测试:斯特罗普测试;WCST测试:威斯康星卡片分类测验;Conners:父母评价量表;E-Prime2.0软件:执行功能测量[抑制控制(Flanker任务)、记忆刷新(1-back任务)、注意转换(More-odd shifting任务)3个维度];HRR:心率储备;HR_{max}:最大心率;TMT(Trail Making Test):步道制作测试;TMT-B(Trail-Making Test part B):步道制作测试B部分;下同。

2.1.1 急性运动对ADHD儿童执行功能的影响

纳入的4篇急性运动对ADHD儿童执行功能干预的研究中,运动干预方式主要为有氧运动,其中3篇为跑步机有氧运动,1篇为自行车有氧运动;单次干预时长为20 min(1篇)和30min(3篇),提示单次运动干预至少持续20 min对执行功能的改善效果最佳(Chang et al., 2012b),运动干预强度均为中等,其中3篇明确中等强度为60%HR_{max}、

65%~75%HR_{max}和50%~70% HRR,说明中高强度运动是改善执行功能最有效的方式(Best, 2010),有助于提升ADHD儿童的抑制控制能力(Soga et al., 2016)。现有研究主要采用Stroop测试、WCST表现、伦敦塔测试、TMT、Go/No Go测试、抑制任务、相关脑电位来评估急性运动对ADHD儿童执行功能的影响。

急性运动对ADHD儿童的积极影响不仅表现在执行

功能的抑制控制上,还表现在反应准确性、刺激处理能力、阅读和算术能力(Pontifex et al., 2013)以及运动反应时缩短、Stroop测试和WCST表现显著提升上(Chang et al., 2012a; Chuang et al., 2015; Piepmeyer et al., 2015)。综上所述,急性中等强度有氧运动可明显改善ADHD儿童的执行功能。

2.1.2 长期运动对ADHD儿童执行功能的影响

纳入的10篇长期运动对ADHD儿童执行功能干预的研究中,运动干预方式主要有综合运动(3篇)、体育游戏(2篇)、乒乓球(2篇)、定向运动(1篇)、水上运动(1篇)和有氧运动+药物(1篇);干预周期为6~24周(10.67±5.08周)、干预频次1~3次/周(2.25±0.666次/周)、单次干预时长30~90 min(65.56±22.17min)。提示,长周期、系统持续且具备复杂运动模式的干预对ADHD儿童执行功能的改善效果更好(Anderson et al., 2012)。5篇研究报道了运动干预强度,其中,4篇采用了中等强度(120~140次/min、60~80%HRR以及60%HR_{max}),1篇采用了中高等强度。现有研究主要采用工作记忆评估量表、Stroop测试、韦氏儿童智力测验、WCST测试、Go/No Go测试和ADHD评定量表来评估长期运动改善ADHD儿童执行功能的效果。

Ziereis等(2015)和Memarmoghaddam等(2016)采用综合运动的干预方式对ADHD儿童进行研究,发现ADHD儿童工作记忆、运动表现以及认知和行为抑制能力具有显著改善。Park等(2013)也指出,综合运动干预可以显著促进ADHD儿童Stroop得分和神经同步任务的表现提升。Benzing等(2017)提出,结合认知训练和体育锻炼的

干预方式对ADHD儿童执行功能、运动表现和多动症状均有显著的改善效果。同时,Benzing等(2019)的研究证实,体育游戏不仅能显著缓解ADHD儿童多动症状,还能有效降低其总反应时间,促进ADHD儿童运动能力表现的提升。2篇乒乓球运动干预的研究表明,ADHD儿童的执行功能、运动技能、力量、敏捷性以及运动综合得分在干预后均得到显著改善,并且干预效果具有潜在维持能力(Pan et al., 2015, 2016)。宋杨等(2020)证实了定向运动能显著提升ADHD儿童和正常儿童的抑制、刷新、转换功能,但ADHD儿童执行功能的改善显著优于正常儿童。Chang等(2014)提出,水上运动干预后实验组ADHD儿童行为抑制能力、Go/No Go测试准确性和运动技能得到显著改善。Kang等(2011)采用运动+药物的干预方式研究发现,干预后ADHD儿童注意力、认知功能、ADHD评定量表的总分和社会合作性有显著改善。综上所述,长期中等/中高等强度的多种形式的运动干预可显著改善ADHD儿童的执行功能。

2.2 运动对ADHD儿童注意力的影响

注意力系统是一个相互连通的广泛性神经传导网络,不完全集中于大脑中心,需要奖励中枢、边缘系统和皮层等共同参与,从脑干内的觉醒中心开始,把信号传遍整个大脑,使大脑开始警觉并提醒我们注意(Russo-Neustadt et al., 1999)。良好的注意力能够帮助我们更好地剔除无关信息,免受外界影响而分心(Bush et al., 2005)。在探究运动对ADHD儿童注意力影响的13篇文献中,5篇采用急性运动干预方式,8篇采用长期运动干预方式(表2)。

表2 运动对ADHD儿童注意力的影响
Table 2 Influence of Exercise on Attention in ADHD Children

作者/出版年	样本数(男/女) 年龄:M±SD 或者范围	运动介入				干预指标	结果措施	干预结果
		干预类型	干预周 期/周	干预频次/ (次·周 ⁻¹)	单次干 预时长/ min			
Ludyga et al., 2017	IG:7 ADHD儿童 CG:8健康儿童 11~16岁	综合运动(有氧、协调运动和观看视频)	—	—	20 以上	中等(65%~70%HR _{max})	抑制控制、注意力 Conners量表、E-Prime软件	抑制控制↑;注意力↑ 两组P300振幅均升高,反应时间均缩短。有氧比协调运动更有效地减少抑制控制缺陷
Silva et al., 2015	ADHD与无ADHD症状儿童各14(/) 10~16岁	身体活动(跑步接力赛)	—	—	5	高强度	注意力、学习成绩 电脑游戏	注意力↑;冲动控制↑;有助于注意力集中,学习成绩↑
Pontifex et al., 2013	20(14/6)8~10岁 ADHD儿童和20健康对照儿童	有氧运动(跑步机)	—	1	20	中等(65%~75%HR _{max})	反应准确性、刺激处理能力 注意力控制任务(任务表现、脑电位)	IG:反应准确性和刺激处理能力↑;注意力控制↑ 调节过程选择性↑;两组阅读和算术↑

作者/出版年	样本数(男/女) 年龄: $M \pm SD$ 或者范围	运动介入					干预指标	结果措施	干预结果
		干预类型	干预周 期/周	干预频次/ (次·周 ⁻¹)	单次干 预时长/ min	干预强度			
Chang et al., 2012b	40(37/3)ADHD 儿童, 10.43岁	有氧运动	—	1	30	中等(50%~70%HR _{max} , HR _{max} =206.9-(0.67×年龄))	注意力	Stroop测试、WCST测试	抑制功能↑; 注意力↑
Taylor et al., 2009	17(15/2), ADHD 儿童 7~12岁	在公园、在市中心区域、和住宅区独立散步	—	—	20	—	注意力	逆序数字记忆广度	在公园散步后的集中度明显优于在市中心或住宅区
刘阳等, 2018	64(32/32)ADHD 儿童	定向运动	14	3	35	中等强度(平均心率在120~140次/min)	注意分配、注意广度	注意力分配、注意力广度、视觉空间工作记忆	注意分配与注意广度↑; 视觉空间工作记忆↑
Månsson et al., 2017	100(/)ADHD 儿童 10~14岁	射击打靶运动	24	1	60	中等	注意力	SDQ、儿童智力测验、Qb测试	ADHD评分↓; 注意力↑
Bustamante et al., 2016	35(24/11)ADHD 儿童 6~12岁	体育游戏	10	5	60	—	注意力	STOPIT、自动工作记忆评估(AWMA)	行为问题得分↑; 感觉运动训练能力↑;
吴广宏, 2012	24(12/12)7~12岁 ADHD 儿童	乒乓球+药物	15	3	70	中等	注意力(注意力的五个维度)	测验注意的五个维度	IG对注意缺陷为主型ADHD 儿童症状↑
Kang et al., 2011	IG: 13(/)ADHD 运动组, 8.6±1.2岁 CG: 15(/)ADHD 教育组, 8.4±0.9岁	乒乓球+药物	6	2	90	—	注意力	ADHD评分	IG: 注意力↑; 认知功能↑; 社交能力↑
Medina et al., 2010	IG: 16(/)CG; 9(25/0)ADHD 儿童 7~15岁	运动+药物(IG: 跑台运动+药物) CG: 跑台运动)	4	—	30	高强度(HR _{max} -HR LV1)×0.25+HR LV1	注意力(持续注意力)	直、倒序的数字跨度测验、Rey图形绘制、儿童行为检查表、EACI量表、韦氏儿童智力测验、康纳连续表现测试2	信心指数、警觉性、冲动性测量↑; 持续注意力↑
Haffner et al., 2006	20(13/7)8~11岁 ADHD 儿童	综合运动(儿童瑜伽、传统运动)+药物; 组别 1:9 药物+运动; 组别 2:11 运动	8	2	60	—	注意力	父母评分 ADHD 量表、DAT	注意力↑; ADHD 症状↓
Jensen et al., 2004	IG: 11(11/0)ADHD 儿童 10.6±1.8岁 CG: 8(8/0)ADHD 儿童 9.4±1.7岁	瑜伽训练	20 节课	—	60	中等	多动症状、注意力	康纳斯教师评定量表、注意变量检验	IG: 父母评价量表↑; 多动、焦虑/害羞和社交问题量表↑; CG均→

注: E-Prime 软件: 执行功能测量[抑制控制(Flanker 任务)、记忆刷新(1-back 任务)、注意转换(More-odd shifting 任务)3个维度]; P300 振幅: 判断认知功能的恢复程度; SDQ: 注意缺陷多动障碍综合征; Qb 测试: 计算机化的持续表现测试; LV1: 通气阈值; HRLV1: 通气阈值时刻的心率; DAT: 多特蒙德测试; STOPIT (Stop-Signal Inhibition Task): 停止信号抑制任务; AWMA: 自动工作记忆评估。

2.2.1 急性运动对 ADHD 儿童注意力的影响

纳入的 5 篇急性运动对 ADHD 儿童注意力干预的研究中, 运动干预方式包含有氧运动(2 篇)、综合运动(有氧、协调运动和观看视频)(1 篇)、跑步接力赛(1 篇)和散步(1 篇); 单次干预时长为 5 min(1 篇)、20 min(2 篇)、30 min(1 篇)和 20 min 以上(1 篇); 其中 4 篇研究报道了运动干预强度, 其中 3 篇明确中等强度为 65%~70%HR_{max}、65%~75%HR_{max} 和 50%~70%HR_{max}, 1 篇研究为高等强度。现有研究主要采用 Conners 量表、E-Prime 软件、Stroop 测试、

WCST、注意力控制任务等评估急性运动对 ADHD 儿童注意力的影响效果。

Chang 等(2012b)、Ludyga 等(2017)和 Pontifex 等(2013)的研究均论证了中等强度有氧运动和综合运动均可显著改善 ADHD 儿童抑制功能和注意力, 并且促进其反应时间缩短。Silva 等(2015)的研究表明, 进行单次急性高强度跑步接力赛可显著改善 ADHD 儿童的注意力、情绪控制能力以及学习成绩。Vysniauske 等(2016)的研究亦指出, 短期急性运动可以改善 ADHD 儿童的注意力。综上

所述,急性中高等强度的运动干预能显著改善 ADHD 儿童的注意力。

2.2.2 长期运动对 ADHD 儿童注意力的影响

纳入的 8 篇长期运动对 ADHD 儿童注意力干预的研究中,运动干预方式有乒乓球+药物(2 篇)、瑜伽(1 篇)、体育游戏(1 篇)、定向运动(1 篇)、射击打靶(1 篇)、综合运动(儿童瑜伽和传统运动)+药物(1 篇)和跑台运动+药物(1 篇),3 篇研究采用了运动结合药物的干预方法;干预周期为 4~24 周(11.57 ± 6.28 周),单次干预时长为 30~90 min(58.13 ± 17.67 min);干预频次为 1~5 次/周(2.67 ± 1.25 次/周);5 篇研究报道了运动干预强度,其中,4 篇采用了中等强度,1 篇高等强度 [$(HR_{\max} - HR_{LV1}) \times 0.25 + HR_{LV1}$]。现有研究主要采用 Conners 量表、ADHD 评分量表、测验注意力的 5 个维度和自动工作记忆评估方法来评估长期运动对 ADHD 儿童注意力的改善效果。

吴广宏(2012)和 Kang 等(2011)研究表明,乒乓球+药物干预后 ADHD 儿童注意力、认知功能和社交能力得到显著改善。Jensen 等(2004)概述了瑜伽不仅能显著提升 ADHD 儿童注意力和社交能力,还能缓解其多动、焦虑/害羞等症状。Bustamante 等(2016)指出,运动干预后体育游戏组和久坐组 ADHD 儿童的行为问题得分均显著提高,但体育游戏组 ADHD 儿童多动症症状、语言工作记忆、时空间工作记忆和对立反抗症状改善较为显著。刘阳等(2018)研究表明,定向运动干预能显著改善 ADHD 儿童的注意分配、注意广度以及视觉空间工作记忆。Månsson 等(2017)证实了中等强度射击打靶运动不仅能促使 ADHD 儿童多动症评分显著降低,而且能显著改善其注意力。Haffner 等(2006)采用综合运动+药物干预方式的研究与 de Greeff 等(2017)采用长期运动干预的研究均指出,运动对 ADHD 儿童执行功能、注意力和学习成绩具有较明显的改善作用。Medina 等(2010)还通过跑台运动+药物的研究论证了高强度运动干预促使 ADHD 儿童信心指数、警觉性、冲动性显著改善,并且对 ADHD 儿童的持续注意力具有显著的改善效果。欧阳一毅等(2019)指出,力量和运动技能训练后,ADHD 儿童注意力和认知问题减少。Oberer 等(2018)提出,注意力的改善可促进 ADHD 儿童学习时间延长,有助于学习成绩的提高。综上所述,长期中等/高等强度的多种形式的运动干预可显著改善 ADHD 儿童的注意力。

3 ADHD 的发生和改善机制

3.1 发生机制

3.1.1 前额叶皮层结构与功能异常介导 ADHD 发生的神经生理学机制

神经生理学机制研究显示,ADHD 的发病可能与脑体积、前额叶皮层、皮下结构异常和功能受损有关(谢祎,

2015)。ADHD 儿童大脑总体积比正常儿童小 3%~5% (Durstun et al., 2004)。Cortese 等(2015)研究发现,ADHD 儿童的大脑激活水平较正常儿童低,右额叶中部和前额叶皮质的抑制功能减弱与额叶体积减小有关。Halperin 等(2011)研究表明,与 ADHD 儿童小脑、执行功能相关的额叶区域和其他皮质区域的脑体积都较小。ADHD 发病与前额叶密切相关,并且脑部两侧由额叶、纹状体、顶叶到小脑的神经网络也会出现一定的功能性联结缺损(Rubia et al., 2009)。儿童大脑结构的改变与 ADHD 发生息息相关,ADHD 患儿出现脑内额叶区、基底节结构异常,且基底节和丘脑受损儿童患病率是正常儿童的 3.2 倍和 3.6 倍(熊忠贵等,2004)。Bush 等(2005)通过对比 ADHD 儿童和正常儿童大脑结构指出,ADHD 儿童存在前额叶功能和前额叶背外侧皮质结构异常,主要表现为警觉、选择性、注意力分散、注意力转移、计划制定、执行控制和工作记忆等功能异常。此外,有 30%~60% 的 ADHD 患者脑波出现异常现象,主要表现在 θ 波过多,从而导致 α 波与 β 波的缺损,造成执行功能和注意力缺陷(Clarke et al., 1998)。Castellanos 等(2002)研究认为,ADHD 儿童的核心缺陷是额叶功能缺陷,特别是额-纹状体和额-顶叶网络。Schweitzer 等(2000)研究表明,ADHD 儿童右纹状体的血流低于正常儿童,而左侧听觉区、感觉运动区和双侧枕区的血流相比有所增加,同时上额叶皮质、扣带回和右丘脑、尾状核、海马体回糖代谢率低于正常人。

3.1.2 儿茶酚胺分泌异常介导 ADHD 发生的分子生物学机制

分子生物学机制研究显示,ADHD 的发病可能与脑内多巴胺水平调控失衡有关(Volkow et al., 2005)。多巴胺是儿茶酚胺类最具有活性的神经递质,其分泌量的增加将会减少有损害的神经递质的传导,从而促进行为活动、情感表达、生理节奏的改变(欧阳一毅等,2019)。脑内多巴胺神经功能主要通过多巴胺受体调控,对机体活动控制和认知功能具有调节作用(Durstun et al., 2004)。ADHD 患者脑内控制制定计划、维持注意、控制冲动和规律性行为的前额叶皮层严重受损(Chudasama et al., 2006),便会导多巴胺 D_1 受体数量减少,造成相对应的神经递质传递受到影响。儿茶酚胺功能障碍能导致多巴胺能和去甲肾上腺素系统失衡和失调(Arnsten, 2006),进而导致由多巴胺和去甲肾上腺素等神经递质调节的注意回路功能障碍。ADHD 儿童普遍存在注意力障碍,主要就是由去甲肾上腺素和多巴胺分泌以及注意力系统区域中的机能障碍所引起的。

3.2 改善机制

3.2.1 运动调节前额叶皮层结构与功能改善 ADHD 的神经生理学机制

运动可以改变大脑的可塑性,增加前额叶皮层的容量

(蔡春先等,2019),激活认知活动相关的区域,如前额叶(背外侧和腹外侧)、扣带回(以前扣带回为主)、小脑、顶叶、纹状体(腹侧)等脑区,改善ADHD儿童的神经生理机制(Verret et al.,2012)。前额叶不同区域具有不同的功能,前额叶皮层和运动皮层分别是人类思考和运动的中枢。其中,背外侧前额叶和背侧前扣带回被认为是工作记忆编码网络的一部分,前者与编码和信息操作相关,后者与行为调整相关(方晓静,2016)。右背外侧前额叶和额极区富含抑制神经元,前扣带回富含兴奋性神经元,右侧背外侧前额叶和额极区均受前扣带回的支配,在认知控制中承担不同的角色(Milham et al.,2003)。当腹外侧前额叶、前扣带回和双侧额极协同激活增强时,支持注意力控制需求增加时引起的相应反应选择、抑制功能和目标控制亦会增强(Harrison et al.,2015)。因此,执行功能的实现依赖于前额叶皮层与其他皮层及皮层下区域之间的动态交互作用(Li et al.,2014)。

在关于运动对前额叶结构与功能改善的研究中,运动可直接影响大脑的生理机能,进而促进ADHD儿童的行为改善。郑信雄等(2006)研究指出,有氧运动干预能增加儿童额叶、扣带和尾状核的双侧血氧流量。陈爱国等(2011)研究指出,短时中等强度有氧运动能使儿童执行控制功能脑激活模式发生变化,具体表现为儿童的双侧额上回、双侧额中回、双侧顶上小叶和左侧顶下小叶激活程度增加,左侧前扣带回激活减弱,而背侧前额叶皮质与注意力相关脑区间的交互异常很可能与ADHD中注意力缺陷显著相关。研究表明,参与运动的ADHD儿童右背外侧前额叶皮质脑区活动度较不运动的ADHD儿童明显增大(Missiuna et al.,2008),因此,针对小脑的运动训练可通过提高脑部注意力区域的效率来显著减少ADHD儿童的临床症状(李桂玉等,2018)。

3.2.2 运动调节儿茶酚胺分泌改善ADHD的分子生物学机制

运动能增加脑区之间的功能网络连接,通过神经发生、适应和保护等过程,增加大脑中的神经递质及受体的数量(Ratey et al.,2008),引起神经递质增加,并通过激活信号传导通路,提高突触传递的效能。运动缓解ADHD的原理在于引起去甲肾上腺素释放的增多、皮质醇水平增加和胰岛素抵抗改善等现象(Cerrillo-Urbina et al.,2015),有效地改善执行功能和注意力。研究表明,运动可以改变脑部血流、血清素、脑衍生神经滋养因子的释放(Piepmeier et al.,2015),促进儿茶酚胺和蛋白质酶的增加(Neudecker et al.,2015),从而减轻ADHD患者核心症状(Pontifex et al.,2013),改善多动/冲动行为、注意力、记忆力、动作技巧、情绪控制及社交技能(Heijer et al.,2017),并且促进学习和情绪发展(Memarmoghaddam et al.,2016)。

Spencer等(2007)研究发现,跑步机锻炼提高了AD-

HD儿童运动表现(速度和平衡)以及纹状体组织多巴胺水平,其原理在于运动会影响多巴胺能神经传递。同样,运动也能增加多巴胺合成以及减少D₂自动受体介导的黑质致密部多巴胺神经元抑制。运动可以增强大脑多巴胺的合成,提高脑源性神经营养因子的释放,并通过分泌量增加显著促进多巴胺的释放(Memorris et al.,2008),且与运动强度显著相关(Hong et al.,2012),以此达到改善ADHD症状的效果。此外,运动能够增加激素、生长因子和神经递质等物质的释放(雷爽等,2013),增强相关脑区的基因表达从而改善脑组织的抗氧化能力(Anna et al.,2015),维持纹状体多巴胺-谷氨酰胺的相互作用,提高认知功能,促进执行功能和注意力发展(Vazou et al.,2016)。

综上所述,通过运动可以激活ADHD儿童认知活动相关的区域,增加前额叶皮层的容量和大脑中的神经递质及受体的数量,促使脑部血流、血清素和脑衍生神经滋养因子发生改变,促进儿茶酚胺和蛋白质酶的增加以及多巴胺的释放,从而促进ADHD儿童症状的改善。

4 改善ADHD儿童执行功能和注意力的运动建议

4.1 改善执行功能的运动建议

1)急性运动干预ADHD儿童执行功能的建议:采用20 min以上的中等强度有氧运动进行干预。

2)长期运动干预ADHD儿童执行功能的建议:采用干预周期6~24周(10.67±5.08周),干预频次1~3次/周(2.25±0.66次/周),单次干预时长30~90 min(65.56±22.17 min)的中高等强度的综合干预、体育游戏、乒乓球、定向运动、水上运动和有氧运动+药物等技能性、复杂性方式进行干预。

4.2 改善注意力的运动建议

1)急性运动改善ADHD儿童注意力的建议:采用干预时长5~30 min、中等(65%~70%HR_{max}、65%~75%HR_{max}和50%~70%HRR)或高等[(HR_{max}-HR LV1)×0.25+HR LV1]强度的有氧运动、综合干预、接力跑和散步等运动方式进行干预。

2)长期运动干预ADHD儿童注意力的建议:采用干预周期4~24周(11.57±6.28周),干预频次1~5次/周(2.67±1.25次/周),单次干预时长30~90 min(58.13±17.67 min)的中、高等强度的乒乓球+药物、瑜伽、体育游戏、定向运动、射击打靶、综合运动(儿童瑜伽和传统运动)+药物和跑台运动+药物等方式进行干预。

5 总结与展望

运动已然成为有效改善ADHD儿童执行功能和注意力的方式。通过中等/中高强度的急性、长期的多种运动方式,均可较为显著地改善ADHD儿童的执行功能和注

注意力,并对 ADHD 儿童学习表现有所助益。因部分研究对运动控制中的变量交代不明确,影响了干预效应的准确性和科学性,且多数研究限定于单一运动要素的控制,如不同运动项目、时长、频次和强度等,没有从整体视角深入探究各运动要素组合后的综合干预效应。因此,运用可穿戴设备、视频捕捉等智能化设备,获取 ADHD 儿童在开放性、自由性运动时的运动参数以及执行功能和注意力数据,运用大数据分析技术建立数字化和智能化的改善 ADHD 儿童执行功能和注意力的运动处方,将是今后研究的重要方向,从而切实普惠 ADHD 儿童,助力其学能提升。

参考文献:

- 蔡春先,张运亮,2019.运动改善大脑执行功能机制的研究进展[J].成都体育学院学报,45(6):120-126.
- 常亚军,刘秀敏,闫仲凯,2015.注意力缺陷多动障碍相关因素及肝脏散治疗效果的临床研究[J].中国临床药理学杂志,31(15):1480-1483.
- 陈爱国,殷恒婵,王君,等,2011.短中中等强度有氧运动改善儿童执行功能的磁共振成像研究[J].体育科学,31(10):35-40.
- 陈晓霞,2013.注意缺陷多动障碍儿童的执行功能研究[D].安徽:安徽医科大学.
- 杜长亮,季朝新,2020.电子竞技对脑可塑性影响的研究进展[J].天津体育学院学报,35(2):141-148.
- 方晓静,2016.基于静息态功能磁共振影像的工作记忆网络研究[D].成都:电子科技大学:17.
- 黄斌,黄浩,2010.儿童多动症的识别与矫治[M].北京:人民卫生出版社.
- 孔久春,2008.中等强度的乒乓球运动对儿童注意力稳定性影响的实验研究[J].辽宁体育科技,30(6):50-53.
- 李桂玉,柴艳婷,李珍,等,2018.运动训练治疗注意缺陷运动障碍伴平衡异常患儿的疗效分析[J].中国妇幼保健,33(1):95-97.
- 雷爽,韩新民,2013.注意力缺陷多动障碍与多巴胺、去甲肾上腺素关系的研究进展[J].中国儿童保健杂志,21(9):953-955.
- 刘阳,杨宁,2018.定向运动练习对 ADHD 儿童认知能力影响的实验研究[J].中国特殊教育,(11):39-44.
- 欧阳一毅,滕秋琳,罗炯,2019.运动介入对改善注意缺陷多动障碍学龄患儿身心适应研究状况[J].中国学校卫生,40(6):952-955.
- 宋杨,刘阳,杨宁,王长在,2020.定向运动练习改善注意缺陷多动障碍儿童执行功能的研究[J].体育学刊,27(3):110-115.
- 王慧,2017.基于学校综合干预对 ADHD 儿童症状改善的实践研究[J].中小学心理健康教育,347(36):14-18.
- 王玉凤,2007.关注注意缺陷多动障碍研究进展[J].北京大学学报(医学版),39(3):217-219.
- 吴广宏,2012.乒乓球锻炼对儿童多动症的影响[J].教学与管理,(36):80-82
- 谢祎,2015.注意缺陷多动障碍儿童运动干预的方案设计研究[J].南京体育学院学报(自然科学版),14(2):54-57.
- 熊忠贵,石淑华,徐海青,2004.儿童注意缺陷多动障碍病因及影响因素研究[J].国外医学(社会医学分册),21(3):116-119.
- 于敬龙,2019.静宁颗粒改善注意缺陷多动障碍儿童核心症状及注意力水平的临床研究[D].北京:北京中医药大学.
- 郑信雄,叶子成,卢信宏,等,2006.功能性磁共振造影显示密集式感觉运动训练对注意力缺陷多动症学童的疗效[J].特殊教育季刊,10(1):9-16.
- AKUTAGAWA-MARTINS G C, SALATINO-OLIVEIRAA A, KIELING C C, et al., 2013. Genetics of attention-deficit/hyperactivity disorder: current findings and future directions[J]. Expert Rev Neurother, 13(4): 435-445.
- ANDERSON P J, REIDY N, 2012. Assessing executive function in preschoolers[J]. Neuropsychol Re, 22(4): 345-360.
- ANNA H, KIM P, SPADY T J, et al., 2015. Anxiety mediates the effect of acute stress on working memory performance when cortisol levels are high: a moderated mediation analysis[J]. Anxiety Stress Coping, 28(5): 545-62.
- ARCHER T, KOSTRZEWA R M, 2012. Physical exercise alleviates ADHD symptoms: regional deficits and development trajectory[J]. Neurotox Res, 21(2): 195-209.
- ARNSTEN A F T, 2006. Fundamentals of attention-deficit/hyperactivity disorder: circuits and pathways[J]. J Clin Psychiatry, 67 (Suppl 8): 7-12.
- BENZING V, SCHMIDT M, 2019. The effect of exergaming on executive functions in children with ADHD: a randomized clinical trial[J]. Scand J Med Sports, 29(8): 1243-1253.
- BENZING V, SCHMIDT M, 2017. Cognitively and physically demanding exergaming to improve executive functions of children with attention deficit hyperactivity disorder: a randomised clinical trial[J]. BMC Pediatr, 17(1): 8.
- BEST J R, 2010. Effects of physical activity on children's executive function: Contributions of experimental research on aerobic exercise. Dev Rev, 30(4): 331-351.
- BLEDISOE J C, SEMRUD-CLIKEMAN M, PLISZKA S R, 2010. Response inhibition and academic abilities in typically developing children with attention-deficit-hyperactivity disorder-combined subtype [J]. Arc Clin Neuropsychol, 25(7): 671-679.
- BUSTAMANTE E E, DAVIS C L, FRAZIER S L, et al., 2016. Randomized Controlled Trial of Exercise for ADHD and Disruptive Behavior Disorders[J]. Med in Sports Exerc, 48(7): 1397-1407.
- BUSH G, VALERA EM, SEIDMAN, L J, 2005. Functional neuroimaging of attention-deficit/hyperactivity disorder: a review and suggested future directions[J]. Biol Psychiatry, 57(11):1273-1284.
- CASTELLANOS F X, TANNOCK R, 2002. Neuroscience of attention-deficit/hyperactivity disorder: the search for endophenotypes[J]. Nat Rev Neurosci, 3(8): 617-628.
- CERRILLO-UIBINA A J, GARCIA-HERMOSO A, SÁNCHEZ-LÓPEZ M, et al., 2015. The effects of physical exercise in children with attention deficit hyperactivity disorder: a systematic review and meta-analysis of randomized control trials[J]. Child Care Health Dev, 41(6): 779-788.
- CHANG Y K, LIU S, YU H H, et al., 2012a. Effect of acute exercise on executive function in children with attention deficit hyperactivity disorder[J] J Arch Clin Neuropsychol, 27(2): 225-237.]
- CHANG Y K, HUNG C L, HUANG C L, et al., 2014. Effects of an aquatic exercise program on inhibitory control in children with ADHD: a preliminary study[J]. Arch Clin Neuropsychol, 29(3):217-223.
- CHANG Y K, LABBAN J D, GAPIN J I, et al., 2012b. The effects of acute exercise on cognitive performance: a meta-analysis[J]. Brain Res, 1453:87-101.
- CHUDASAMA Y, ROBBINS T W, 2006. Functions of front ostrial

- systems in cognition: comparative neuropsychopharmacological studies in rats, monkeys and humans[J]. *Biol Psychol*, 42(4): 112.
- CHUANG LY, TSAI YJ, CHANG YK, et al., 2015. Effects of acute aerobic exercise on response preparation in a Go/No Go Task in children with ADHD: An ERP study[J]. *J Sport Health Sci*, 4(1): 82-88.
- CLARKE A R, BARRY R J, MCCARTHY R, et al., 1998. EEG analysis in attention-deficit/hyperactivity disorder: a comparative study of two subtypes[J]. *Psychiatry Res*, 81(1): 19-29.
- CORTESE S, PANEI P, ARCIERI R, et al., 2015. Safety of methylphenidate and atomoxetine in children with attention-deficit/hyperactivity disorder (ADHD): data from the Italian National ADHD Registry[J]. *Cns Drugs*, 29(10): 865-877.]
- DE GREEFF J W, BOSKER R J, OOSTERLAAN J, et al., 2017. Effects of physical activity on executive functions, attention and academic performance in preadolescent children: a meta-analysis [J]. *J Sci Med Sport*, 21(5): 501-507.
- DEPUE B E, BURGESS G C, WILLCUTT E G, et al., 2010. Symptom-correlated brain regions in young adults with combined-type ADHD: Their organization, variability, and relation to behavioral performance[J]. *Psychiatry Res*, 182(2):96-102.
- DURSTON S, POL H E H, SCHNACK H G, et al., 2004. Magnetic resonance imaging of boys with attention-deficit/hyperactivity disorder and their unaffected siblings[J]. *J Am Acad Child Adol Psychiatry*, 43(3): 332-340.
- FAYYAD J, SAMPSON N A, HWANG I, et al., 2017. The descriptive epidemiology of DSM-IV Adult ADHD in the World Health Organization World Mental Health Surveys [J]. *Atten Defic Hyperact Disord*, 9(1):47-65.
- GEORGE J D, KARAE M, TANYALE, et al., 2001. Preschool children with attention-deficit hyperactivity disorder: impairments in behavioral, social, and school functioning[J]. *J Am Acad Child Adolesc Psychiatry*, 40(5): 508-515.
- HAFFNER J, ROOS J, GOLDSTEIN N, et al., 2006. The effectiveness of body-oriented methods of therapy in the treatment of attention-deficit hyperactivity disorder (ADHD): results of a controlled pilot study [J]. *Z Kinder Jugendpsychiatr Psychother*, 34(1): 37-47.
- HALPERIN J M, HEALEY D M, 2011. The influences of environmental enrichment, cognitive enhancement, and physical exercise on brain development: can we alter the developmental trajectory of ADHD[J]? *Neurosci Biobehav Rev*, 35(3):621-634.
- HALPERIN J M, TARPUSH J W, MILLER C J, et al., 2008. Neuropsychological outcome in adolescents/young adults with childhood ADHD: profiles of persisters, remitters and controls[J]. *J Child Psychol Psychiatry*, 49(9): 958-966.
- HARRISON B J, SSHAW M, YÜCELM, et al., 2005. Functional connectivity during Stroop task performance[J]. *Neuroimage*, 24(1): 181-191.
- HEIJER A E D, GROEN Y, TUCHA L, et al., 2017. Sweat it out? The effects of physical exercise on cognition and adults with ADHD: a systematic literature review[J]. *J Neural Transmis*, 124(1): 1-24.
- HONG C J, LIOU Y J, TSAI S J, 2012. Effects of BDNF polymorphisms on brain function and behavior in health and disease [J]. *Brain Res Bull*, 88(5): 406-417.
- HOOGMAN M, MUETZEL R, GUIMARAES, J P et al., 2019. Brain imaging of the cortex in ADHD: a coordinated analysis of large-scale clinical and population-based samples[J]. *Am J Psychiatry*, 176(7): 531-542.
- JENSEN P S, KENNY D T, 2004. The effects of yoga on the attention and behavior of boys with attention-deficit/ hyperactivity disorder (ADHD)[J]. *J Atten Disord*, 7(4): 205-216.
- KANG K, CHOI J, KANG S, et al., 2011. Sports therapy for attention, cognitions and sociality. [J]. *Int J Sports Med*, 32(12): 953-959.
- LI R, ZHU X, YIN S, et al., 2014. Multimodal intervention in older adults improves resting-state functional connectivity between the medial prefrontal cortex and medial temporal lobe[J]. *Front Aging Neurosci*, 6(2): 39-52.
- LUDYGA S, BRAND S, GERBER M, et al., 2017. An event-related potential investigation of the acute effects of aerobic and coordinative exercise on inhibitory control in children with ADHD [J]. *Dev Cogn Neurosci*, 28: 21-28.
- LUNT L, BRAMHAM J, MORRIS R G, et al., 2012. Prefrontal cortex dysfunction and ‘Jumping to Conclusions’: bias or deficit [J]? *J Neuropsychol*, 6(1): 65-78.
- MÅNSSON A, ELMOSE M, DALSGAARD S, et al., 2017. The influence of participation in target-shooting sport for children with inattentive, hyperactive and impulsive symptoms-A controlled study of best practice[J]. *BMC Psychiatry*, 17(1): 115.
- MCMORRIS T, COLLARD K, CORBETT J, et al., 2008. A test of the catecholamines hypothesis for an acute exercise cognition interaction[J]. *Pharmacol Biochem Behav*, 89(1): 106-115.
- MEDINA J A, NETTO T L B, MUSZKAT M, et al., 2010. Exercise impact on sustained attention of ADHD children, methylphenidate effects [J]. *ADHD Attention Deficit And Hyperactivity Disorders*, 2(1): 49-58.
- MEHREN A, ÖZYURT J, LAM A P, et al., 2019. Acute effects of aerobic exercise on executive function and attention in adult patients with ADHD[J]. *Front Psychiatry*, 10: 132.
- MEMARMOGHADDAM M, TORBATI H T, SOHRABI M, et al., 2016. Effects of a selected exercise program on executive function of children with attention deficit hyperactivity disorder [J]. *J Med Life*, 9(4): 373-379.
- MILHAM M P, BANICH M T, BARAD V, 2003. Competition for priority in processing increases prefrontal cortex’s involvement in top-down control: an event-related fMRI study of the stroop task [J]. *Brain Res Cogn Brain Res*, 17(2):212-222.
- MISSIUNA C, MOLL S, KING G, et al., 2008. Life experiences of young adults who have coordination difficulties [J]. *Can J Occup Ther*, 75(3): 157-166.
- NEUDECKER C, MEWES N, REIMERS A K, et al., 2015. Exercise interventions in children and adolescents with ADHD: a systematic review[J]. *J Atten Dis*, 15(1): 10-16.
- OBERER N, GASHAJ V, ROEBERS C M, 2018. Executive functions, visual-motor coordination, physical fitness and academic achievement: Longitudinal relations in typically developing children[J]. *Hum Mov Sci*, 58: 69-79.
- PAN C Y, CHU C H, TSAI C L, et al., 2016. A racket-sport intervention improves behavioral and cognitive performance in children with attention-deficit/hyperactivity disorder[J]. *Res Dev Disabil*, 57: 1-10.
- PAN C Y, TSAI C L, CHU C H, et al., 2015. Effects of physical exercise intervention on motor skills and executive functions in children with ADHD: a pilot study[J]. *J Atten Disord*, 21(9):783-795.
- PARK M S, BYUN K W, PARK Y K, et al., 2013. Effect of complex

- treatment using visual and auditory stimuli on the symptoms of attention deficit/hyperactivity disorder in children[J]. *J Exerc Rehabil*, 9(2): 316-325.
- PARKER G, 2008. Spark: The revolutionary new science of exercise and the brain[J]. *Illinois Journal for Health Physical Education Recreation & Da*, 59(8): 939-939.
- PIEPMEIER A T, SHIH C H, WHEDON M, et al., 2015. The effect of acute exercise on cognitive performance in children with and without ADHD[J]. *J Sport Health*, 4(1):97-104.
- PONTIFEX M B, SALIBA B J, RAINE L B, et al., 2013. Exercise improves behavioral, neurocognitive, and scholastic performance in children with attention-deficit/hyperactivity disorder[J]. *J Pediatrics*, 162(3): 543-551.
- RASSOVSKY Y, ALFASSI T, 2019. Attention improves during physical exercise in individuals with ADHD[J]. *Front Psychol*, 9:2747.
- REQUEJO J, DIAZ T, PARK L, et al., 2020. Assessing coverage of interventions for reproductive, maternal, newborn, child, and adolescent health and nutrition[J]. *BMJ*, 368: l6915.
- RUBIA K, HALARI R, CUBILLO A, et al., 2009. Methylphenidate normalises activation and functional connectivity deficits in attention and motivation networks in medication-naïve children with ADHD during a reward performance task[J]. *Neuropharmacology*, 57(7/8): 640-652.
- RUSSO-NEUSTADT A, BEARD R C, COTMAN C W, 1999. Exercise, antidepressant medications, and enhanced brain derived neurotrophic factor expression[J]. *Neuropsychopharmacology*, 21(5): 679-682.
- SCHWEITZER J B, FABER T L, GRAFTON S T, et al., 2000. Alterations in the functional anatomy of working memory in adult attention deficit hyperactivity disorder[J]. *Am J Psychiatry*, 157(2): 278-280.
- SILVA A P, PRADO S O S, SCARDOVELLI T A, et al., 2015. Measurement of the effect of physical exercise on the concentration of individuals with ADHD[J]. *PloS One*, 10(3): e0122119.
- SOGA K, KAMIJO K, MASAKI H, 2016. Effects of acute exercise on executive function in children with and without neurodevelopmental disorders[J]. *J Phys Fitness Sports Med*, 5(1): 57-67.
- SPENCER TJ, BIEDERMAN J, MADRAS B K, et al., 2007. Further evidence of dopamine transporter dysregulation in ADHD: a controlled PET imaging study using altoprane[J]. *Biol Psychiat*, 62(9):1059-1061.
- TAYLOR A F, KUO F E, 2009. Children with attention deficits concentrate better after walk in the park [J]. *J Atten Disord*, 12(5): 402-409.
- THOMAS R, SANDERS S, DOUST J, et al., 2015. Prevalence of attention-deficit/hyperactivity disorder: a systematic review and meta-analysis[J]. *Pediatrics*, 135(4): 994-1001.
- VAZOU S, PESCE C, LAKES K, et al., 2016. More than one road leads to Rome: a narrative review and meta-analysis of physical activity intervention effects on cognition in youth[J]. *Int J Sport Exerc Psychol*, 17(2):153-178.
- VERRET C, GUAY M C, BERTHIAUME C, et al., 2012. A physical activity program improves behavior and cognitive functions in children with ADHD: an exploratory study[J]. *J Atten Disord*, 16(1): 71-80.
- VERBURGH L, KONIGS M, SCHERDER E J A, et al., 2014. Physical exercise and executive functions in preadolescent children, adolescents and young adults: a meta-analysis[J]. *Br J Sports Med*, 48(12): 973.
- VOLKOW N D, WANG G J, FOWLER J S, et al., 2005. Imaging the effects of methylphenidate on brain dopamine: new model on its therapeutic actions for attention-deficit/hyperactivity disorder [J]. *Biol Psychiatry*, 57(11): 1410-1415.
- VYSNIAUSKE R, VERBURGH L, OOSTERLAAN J, et al., 2016. The Effects of physical exercise on functional outcomes in the treatment of ADHD: a meta-analysis[J]. *J Atten Disord*, 24(5): 107-117.
- WANG T, LIU K, LI Z, et al., 2017. Prevalence of attention deficit/hyperactivity disorder among children and adolescents in China: a systematic review and meta-analysis[J]. *BMC Psychiatry*, 17(1): 32.
- ZIEREIS S, JANSEN P, 2015. Effects of physical activity on executive function and motor performance in children with ADHD[J]. *Res Dev Disabil*, 38: 181-191.

Research Progress of Exercise in Improving Executive Function and Attention in Children with Attention Deficit Hyperactivity Disorder

YANG Mengchao¹, JIN Peng², WANG Dexin¹, CHEN Chao^{1*}

1. Shanghai University of Sport, Shanghai 200438, China;

2. Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, Nanjing 210016, China

Abstract: Executive function and attention are the core defects of children with attention deficit hyperactivity disorder (ADHD), which has attracted wildly attentions from the society, schools and families. The aim of this study was to explore the mechanisms, effectiveness and methods of exercise in improving executive function and attention in ADHD children. Relevant research literature was retrieved to analyze the effects of different exercise variables such as exercise type, period, duration, frequency, intensity, etc. on the executive function and attention of ADHD children in acute and long-term exercise. The results were found that acute and long-term multi-sport activities at moderate/high intensity can improve executive function and attention of ADHD children, their academic performance was increased also. Although exercise can improve the executive function and attention of ADHD children, more reasonable and optimal exercise intervention programs are needed to be improved.

Keywords: children with ADHD; exercise intervention; executive function; attention