



身体活动对幼儿认知发展和学业表现影响的系统综述

Systematic Review of the Effects of Physical Activity on Young Children's Cognitive Development and Academic Performance

马莲, 唐炎*, 胡小清, 辛飞, 张丁毅

MA Lian, TANG Yan*, HU Xiaoqing, XIN Fei, ZHANG Dingyi

摘要:通过系统检索PubMed、Web of Science、Eric、SPORTDiscus、Academic Search Premier、MEDLINE、中国知网、万方和维普网数据库,筛选后纳入43篇实证研究,对其采用半定量的方法进行分析,探究身体活动对幼儿认知发展和学业表现的影响。结果:1)纳入文献主要研究执行功能、感知能力、注意力、识字技能、语言和数学6个领域。2)认知发展方面,证据支持身体活动对幼儿的注意力和运动感知有积极影响,多次长时认知参与型运动对幼儿执行功能有正向影响。3)学业表现方面,证据支持体智融合型干预对幼儿的识字技能和语言能力有积极影响。结论:身体活动对幼儿认知发展和学业表现有积极影响。多次长时认知参与型运动相比简单有氧和单次短时运动更能促进幼儿高阶认知能力的发展。体智融合型相比体智结合型运动对幼儿学业表现有更积极的影响。建议:应拓展幼儿认知发展的研究领域,由简单有氧运动向有组织的认知参与型运动干预模式转变,促进幼儿认知发展;积极探索幼儿阶段体智融合型教学模式,提升幼儿学业表现。

关键词: 身体活动; 幼儿; 认知发展; 学业表现

Abstract: Through systematic retrieval the databases of PubMed, Web of Science, Eric, SPORTDiscus, Academic Search Premier, MEDLINE, CNKI, Wanfang Data and VIP database, 43 documents meet the literature inclusion criteria, which was analyzed by semi-quantitative methods to explore the impact of physical activity intervention on children's cognitive development and academic performance. Results shows that: 1) The included literature mainly focus on executive function, perception, attention, literacy skills, language and mathematics. 2) In cognitive development, the evidence shows that physical activity has a positive effect on young children's attention and physical competence perception. 3) In academic performance, the evidence shows that integrated physical exercise condition (IPE) has a positive impact on children's literacy skills and language skills. Conclusions: Physical activity has a positive effect on children's cognitive development and academic performance. Compared with simple repetitive aerobic exercise (SIM) and single short-term exercise, multi-frequency and long-term cognitively-engaging exercise (COG) can promote the development of children's higher cognitive ability. And compared with non-integrated physical exercise condition (NIPE), IPE intervention have a more significant positive effect on children's academic performance. Suggestions: The research area of children's cognitive development should be expanded, the intervention model should be changed from SIM to organized COG, to improve the children's cognitive development; actively explore the IPE teaching model during the preschool study, to promote the children's academic performance.

Keywords: physical activity; preschooler; cognitive development; academic performance

中图分类号:G812.45 **文献标识码:**A

基金项目:
国家社会科学基金项目(18ATY008)

第一作者简介:
马莲(1985-),女,在读博士研究生,主要研究方向为学校体育学, E-mail: maliansus@126.com。

***通信作者简介:**
唐炎(1974-),男,教授,博士,博士研究生导师,主要研究方向为学校体育, E-mail: tybsh2011@126.com。

作者单位:
上海体育学院,上海 200438
Shanghai University of Sport, Shanghai 200438, China.

认知发展广义上指人的感知、注意、思维、想象等认知过程和品质的发展(黄希庭,

2004)。学业表现是学生、教师或教育机构实现其教育目标的程度,通常通过考试或连续评估来衡量学习者对不同学科知识的掌握情况(Donnelly et al., 2016)。幼儿阶段是身体、社会和认知发展的关键时期(Berk, 2017),也是建立健康行为模式的重要时期(Jones et al., 2013)。幼儿时期的认知发展和学业表现对其人生发展至关重要(Telama et al., 2014; WHO, 2017)。国外已有研究表明,身体活动对幼儿认知发展具有促进作用(Carson et al., 2016; Zeng et al., 2017),但鉴于其存在纳入文献数量较少,质量存在中高偏倚风险,结果只涉及执行功能和语言能力等局限性,现有证据不足以明确身体活动与幼儿认知发展间的关系(Erickson et al., 2019)。此外,近年随着学者对幼儿认知发展关注的提升,验证不同身体活动对幼儿认知发展(感知能力、注意力等)和学业表现(早期识字技能、数学能力等)各维度影响的研究增加,但仍鲜见对现有证据进行系统总结的研究。因此,本研究旨在利用半定量的系统综述方法就身体活动对幼儿认知发展和学业表现的影响进行科学的证据总结。

1 文献检索与筛选

1.1 文献检索

在 Web of Science、PubMed、Eric、SPORTDiscus、MEDLINE、Academic Search Premier、中国知网、万方、维普等9个中、英文数据库,检索2010年1月1日—2021年9月1日经同行评议后公开发表的中、英文文献。英文检索词(式)包括:1) preschool child OR preschooler OR 3 to 6 years old; 2) physical activity OR exercise OR physical education OR game OR physical fitness; 3) cognition OR cognitive OR perceived competence OR attention OR executive function OR inhibitory control OR cognitive flexibility OR memory OR language OR academic。中文检索词(式)包括:幼儿 OR 学龄前儿童; 身体活动 OR 体力活动 OR 游戏 OR 锻炼 OR 运动; 认知 OR 知觉 OR 智力 OR 观察力 OR 注意力 OR 执行功能 OR 抑制控制 OR 工作记忆 OR 认知灵活性 OR 学习 OR 语言 OR 学业成绩。共获得相关文献2 986篇(英文2 333篇,中文653篇),通过其他方式搜索后增补相关文献7篇(英文5篇,中文2篇),最终获得与主题相关文献2 993篇。

1.2 文献筛选

纳入标准:1)研究对象:3~6岁健康幼儿(患有慢性疾病、身体或精神疾病、超重和肥胖的幼儿排除);2)干预标准:改变身体活动的形式、强度、时间和频次等(基于营养和睡眠等混合干预排除);3)结果指标:包括认知发展(感知觉、注意力和执行功能等)或学业表现(语言和数学等)的任一指标;4)研究设计:干预类实证研究。

筛选流程:1)由1名研究人员剔除重复文献423篇,剩余2 570篇;2)由2名研究人员根据标题和摘要,剔除不直接相关文献2 485篇,剩余85篇;3)下载全文,由2名研究人

员根据纳入标准进行筛选。如结果出现分歧时,根据纳入标准协商讨论,直到达成共识。最终纳入文献43篇(图1)。

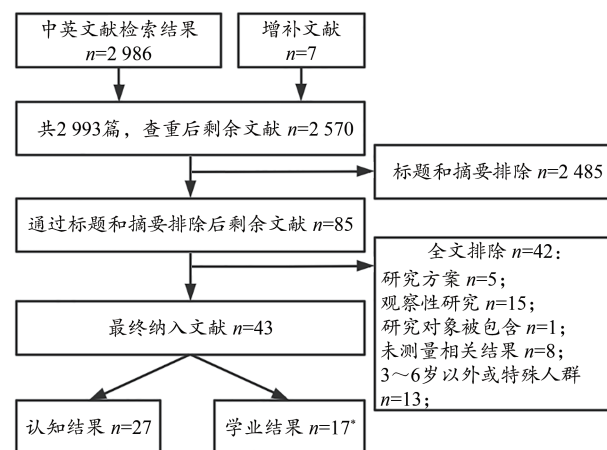


图1 文献检索流程图

Figure 1. Flow Diagram of Literature Search

注:*表示有1项研究同时测量了认知结果和学业结果。

1.3 文献质量评定

采用Cochrane制定的偏倚风险评估工具(谷鸿秋等, 2014)和ROBINS-I(王浩等, 2018)分别对纳入的RCT和非RCT文献进行方法学质量评估。由2名研究人员独立进行评估,当结果出现差异时,根据评分标准讨论,直到达成共识。

1.4 研究结果编码分类

根据Sallis等(2000)关于身体活动与相关因素关系的证据强度分类规则,就身体活动对幼儿认知发展和学业表现影响的证据强度进行编码分类。若身体活动干预后,研究报告结果变量在组间或/和干预前后有显著差异,根据影响方向编码为+或-;若无统计学差异,编码为0。再根据编码结果统计影响强度可分类为影响强度不显著(00)、影响强度不明确(??)、强正向影响(++)和强负向影响(--)

2 结果

2.1 身体活动干预类型

对纳入文献中不同身体活动干预类型进行归纳分类:1)根据干预内容分为运动型干预和体智型干预。运动型干预是只以运动为干预内容,通过改变运动类型、时间、强度等作为干预变量,多见于认知发展结果研究。体智型干预指在认知性知识学习中融入身体活动,以认知性知识学习为主,只见于学业表现结果研究。2)运动型干预可根据干预时间分为单次短时干预和多次长时干预,单次短时干预类型只见于执行功能和注意力结果研究,单次短时和多次长时干预比较只见于执行功能结果研究。参照Best(2010)的研究分类,还可根据是否有认知任务参与将运动型干预分为简单有氧型运动干预(sim-

ple repetitive aerobic exercise, SIM)和认知参与型运动干预(cognitively-engaging exercise, COG),此类型比较只见于执行功能和注意力结果研究。SIM指重复简单的动作练习,对认知需求较少,如行走、跑步或跳跃等。COG指运动中需要引导更多的认知参与以满足运动任务不断变化的需求,如协调类练习、足球等。3)体智型干预包括体智融合型运动干预(integrated physical exercise condition, IPE)和体智结合型运动干预(non-integrated physical exercise condition, NIPE)。IPE指在学习认知性知识时,进行与学习任务相关的运动。如学习外语单词“飞”时,幼儿张开双臂跑动。NIPE指在学习认知性知识时,进行与学习任务不相关的身体活动。如学习外语单词“飞”时,幼儿只需在教室里按要求跑圈即可。

2.2 文献质量评价

2位笔者对43项文献的方法学质量评估一致率为96.5%。RCT文献测评结果:1)只有4项研究对随机序列和分配隐藏进行了说明(周龙峰等,2021;Keown et al.,2020;Mulvey et al.,2018;Wen et al.,2018),其余研究均未描述具体相关信息。2)25.0%和7.1%的研究分别在实施偏倚(刘瑾彦,2015;王佳丽等,2010;Costa et al.,2015;Mulvey et al.,2018;Pasichnyk et al.,2015;Toumpaniari et al.,2015;Xiong et al.,2017)和随访偏倚(Callcott et al.,2014;Mavilidi et al.,2015)条目上缺少相关信息而判定为“不清楚”。非RCT文献测评结果:只有1项研究存在高风险偏倚(Draper et al.,2012),26.7%的研究被评定为“无信息”(孙影等,2015;Bedard et al.,2017;Gao et al.,2019b;Vazou et al.,2017),其余研究均为低风险偏倚。

2.3 研究特点

发文量增长态势明显,尤其是2016—2020年发文量占比为62.8%。发文最多的国家分别是中国(12篇)、美国(9篇)和澳大利亚(5篇)。超一半的研究采用RCT研究设计(65.1%)。纳入文献的样本总量为4957人,单项研究样本量从10人到1029人不等,中位数为70人;样本规模在50~100人的研究占比最多(44.2%)。28%的研究报告了身体活动结果。43项研究中有1项研究测评了幼儿认知能力和学业成绩(Hudson et al.,2021),其他26项认知结果研究和16项学业结果研究中,有5项(Kirk et al.,2013;Mavilidi et al.,2015,2017;Mierau et al.,2014;Palmer et al.,2013)与Carson等(2016)和Zeng等(2017)纳入的文献重合,重合率为11.6%。

2.4 干预特点

2.4.1 认知发展结果研究

27项相关研究中有4项单次短时运动型干预研究,结果指标为注意力(Mierau et al.,2014;Palmer et al.,2013)(有效率为50%)和执行功能(Stein et al.,2017;Tandon et al.,2018)(均为无效干预)。23项多次长时运动干预研究中有3项SIM(赵梅玲,2020;周龙峰等,2021;Wen et al.,

2018),有效率为66.7%;其他21项为COG,有效率为87.5%(表1、表2)。

表1 纳入文献基本特征

Table 1 Basic Characteristics of Included Literature

内容	认知结果 (n=27)		学业表现 (n=17)	
	占比/%	有效率/%	占比/%	有效率/%
发表年份				
2010—2015	40.7	81.8	29.4	100.0
2016—2020	59.3	68.8	70.6	91.7
发表国家				
中国	40.7	81.8	5.9	100.0
美国	22.2	50.0	17.6	100.0
澳大利亚	—	—	29.4	100.0
其他	37.1	70.0	47.1	87.5
样本量/人				
<100	66.7	72.2	64.8	100.0
100~150	18.5	40.0	17.6	66.7
>150	14.8	100.0	17.6	100.0
研究设计				
RCT	77.8	76.2	47.1	100.0
非RCT	22.2	50.0	52.9	88.9
单次干预时间*/min				
<30	9.5	50.0	40.0	100.0
30~60	90.5	78.9	53.3	87.5
>60	—	—	6.7	100.0
干预频次*/(次·周 ⁻¹)				
1~3	59.1	100.0	75.0	91.6
>3	41.2	71.4	25.0	100.0
干预持续时间*/周				
<8	4.3	100.0	31.3	100.0
8~16	69.6	81.3	50.0	87.5
>16	26.1	66.7	18.8	100.0
干预类型*				
IPE	—	—	57.1	100.0
NIPE	—	—	19.0	50.0
COG	87.5	87.5	23.9	80.0
SIM	12.5	66.7	—	—

注:RCT.随机实验;占比.某一类别的研究数量在总样本量中所占比例;有效率.干预后至少有一项后测结果显著高于前测和/或控制组后测;*表示统计多次长时运动干预结果,即认知结果n=23。

2.4.2 学业表现结果研究

17项相关研究皆为多次长时干预研究,其中有5项COG(孙影等,2015;Battaglia et al.,2018,2020;Hudson et al.,2021;Kenanoğlu et al.,2021),有效率为80%。其他均为IPE,有效率为100%,其中4项包含NIPE,有效率为50%(表1、表3)。

2.5 身体活动对幼儿认知发展的影响结果

幼儿认知结果主要集中在执行功能、感知能力和注意力3个领域。27项研究中有20项(74.1%)报告了干预组,至少1项认知结果后测相比前测和/或控制组后测显著提高。

2.5.1 执行功能

16项相关研究编码统计结果显示,身体活动对幼儿执行功能的抑制控制有积极影响,对工作记忆和认知灵活性的影响尚不明确(表4)。区分干预类型后再次编码

发现:单次短时干预(Stein et al., 2017; Tandon et al., 2018)和多次长时 SIM(Wen et al., 2018)对幼儿执行功能不存在显著影响,但多次长时 COG 均为有效干预。赵梅玲等(2020)的研究对比了 COG 和 SIM 对幼儿执行功能的影

响,发现 COG 相比 SIM 对幼儿执行功能影响更优。只对多次长时运动干预结果编码统计后发现,超过 70% 的文献显示,多次长时 COG 对幼儿抑制控制(81.8%)和认知灵活性(71.4%)均有正向影响。

表2 身体活动对幼儿认知发展的影响结果

Table 2 Effect of Physical Activity on Preschooler's Cognitive Development

n=27

研究文献	国家	样本情况 n/男	设计 类型	认知结果 测试工具	干预情况		结果
					方式	剂量	
崔云霞,2010	中国	60/30	RCT	WPPSI	COG	30~35 m/次×5次/周×20周	总智商:+
Chang et al.,2013	中国	26/15	RCT	EFT	COG	35 m/次×2次/周×8周	抑制控制:+
Costa et al.,2015	葡萄牙	324/154	RCT	PET	COG	45 m/次×2次/周×24周	精神运动发育:+
Draper et al.,2012	南非	83/46	QE	Herbst test	COG	45 m/次×3次/周×28周	认知能力:+
Gao et al., 2019a	美国	32/16	RCT	DCCS	COG	30 m/次×5次/周×12周	认知灵活性:+
Gao et al., 2019b	美国	65/32	QE	PSPCSA	COG	30 m/次×5次/周×8周	运动感知:0
Hudson et al.,2021	美国	53/22	RCT	EFT*	COG	30 m/次×2次/周×8周	抑制控制:++;工作记忆:0
江大雷等,2015	中国	61/34	RCT	Bear/Dragon, CBT; FIS	COG	35 m/次×2次/周×8周	抑制控制:++;工作记忆/认知灵活性:0
Jarraya et al.,2019	突尼斯	45/17	RCT	NEPSY	COG	30 m/次×2次/周×12周	视注意力:+
Jaksic et al., 2020	塞尔维亚	132/72	QE	CPM	COG	60 m/次×2次/周×36周	智力:0
Keown et al., 2020	新西兰	212/102	RCT	HTKS, DCCS	COG	30 m/次×2次/周×8周	认知灵活性:++;抑制控制、工作记忆:0
刘瑾彦,2015	中国	189	RCT	学前儿童智能 筛查量表	COG	30 m/次×2次/天× 5天/周×16周	观察力:++;记忆力:小 班:++;中班/大班:0
Mierau et al.,2014	德国	10/10	RCT	DTC	COG	45 m	注意力:0
Mulvey et al.,2018	美国	107/49	RCT	HTKS	COG	30 m/次×2次/周×6周	工作记忆、抑制控制:+
Palmer et al.,2013	美国	16/13	WSD	PDTP	COG	30 m	注意力:+
Pasichnyk et al., 2015	乌克兰	60/31	RCT	PDT	COG	—	言语、思维、记忆、感知、注 意力:+
Stein et al.,2017	德国	101/49	RCT	HFT	COG	20 m	抑制、灵活性:0
Tandon et al.,2018	美国	73/40	RCT	Bear/Dragon,HTKS, DCCS	SIM	15 m	抑制控制:-;工作记忆 /认知灵活性:0
Vazou et al.,2017	美国	27/11	WSD	PSPCSA	COG	30 m/次×2次/周×12周	运动感知、感知社会:0
王佳丽等,2010	中国	134/54	RCT	—	COG	30 m/次×5次/周×36周	感知能力:0
王瑞萌等,2018	中国	63/39	RCT	NIHT	COG	45 m/次×2次/周×16周	抑制控制、认知灵活 性:++;工作记忆:0
Wen et al.,2018	中国	57/31	RCT	SCA/GNG, WMS, FIS	SIM	20 m/次×5次/周×10周	执行功能:0
Xiong et al.,2017	中国	39/20	RCT	DCCS, PSPCSA	COG	30 m/次×5次/周×12周	认知灵活性:++;运动感 知:0
Xiong et al.,2019	中国	60/30	RCT	DCCS, PSPCSA	COG	20 m/次×5次/周×8周	认知灵活性、感知社会: +;运动感知:0
Zach et al.,2015	以色列	123/60	QE	MOXOCPT, CMB	COG	1次/周×9周	注意力、空间知觉:+
赵梅玲,2020	中国	60/31	RCT	Psykey心理测试, 舒尔特表	COG/ SIM	40 m/次×3次/周×16周	抑制控制、工作记忆、注意 力:++;COG:+
周龙峰等,2021	中国	173	RCT	Psykey心理测试, 舒尔特表	SIM	40 m/次×3次/周×18周	抑制控制、注意力:++;工 作记忆:0

注:QE. 对照准实验;WSD. 被试内设计;WPPSI. 韦氏学龄前儿童智力量表;EFT. 埃里克森侧翼任务;PET. 精神运动测评;Herbst test. 赫伯斯特测验;DCCS. 维度变化卡片分类任务;PSPCSA. 幼儿能力和社交接纳知觉图片量表;EFT*. 执行功能触摸任务;CBT. 科斯积木测试;NEPSY. 发育期神经心理测评;CPM. 瑞文彩图推理测试;HTKS. 头-脚-膝盖-肩膀任务;DTC. 认知任务;PDTP. 图片划消测试;PDT. 心理诊断测试;HFT. 心花任务;NIHT. 美国国立卫生研究院开发的评估工具;SCA. 空间冲突箭头任务;GNG. 动物任务;WMS. 工作记忆广度任务;FIS. 灵活项目选择任务;MOXOCPT. MOXO连续性能测试;CMB. 认知改变成套测验;+. 干预后结果相比干预前或/和控制组有显著差异;0. 干预后结果相比干预前或/和控制组无显著差异;- . 干预后控制组结果相比干预组有显著差异;COG:+. COG干预模式相比SIM的认知结果有显著差异。

表 3 身体活动对幼儿学业表现的影响结果

Table 3 Effect of Physical Activity on Preschooler's Academic Performance

n=17

研究文献	国家	样本情况 n/男	设计 类型	学业结果测试工具	干预情况		结果
					方式	干预剂量	
Battaglia et al., 2018	意大利	119/68	QE	PRCR-2/2009	COG	60 m/次×2次/周×16周	识字技能:0
Battaglia et al., 2020	意大利	1 029/557	WSD	PRCR-2/2009	COG	60 m/次×2次/周×16周	识字技能:+
Bedard et al., 2017	加拿大	19/9	QE	PWPA/PALS	IPE	60 m/次×1次/周×10周	识字技能:印刷体识别:+;字母表知识:0
Bedard et al., 2018	加拿大	11/6	WSD	PWPA/PALS	IPE	60 m/次×1次/周×10周	识字技能:印刷体识别,字母表知识:+
Callcott et al., 2014	澳大利亚	400	RCT	TOPA/DST	IPE	—	识字技能:+
Hudson et al., 2021	美国	53/22	RCT	WJ-AP	COG	30 m/次×2次/周×8周	数学:+
Kirk et al., 2013	美国	72/34	RCT	IGDIs	IPE	15 m×2次/天×5天/周×24周	识字技能:头韵和图片命名结果:+;押韵:0
Kirk et al., 2016	美国	54/17	QE	IGDIs	IPE	30 m×2次/天×5天/周×32周	识字技能:押韵和头韵:+;图片命名:0
Kenanoğlu et al., 2021	土耳其	72/33	QE	PPVT	COG	3次/周×9周	语言:+
Mavilidi et al., 2015	澳大利亚	111/64	RCT	自由/线索回忆	IPE/NIPE	15 m/次×2次/周×4周	意大利语:IPE:+;NIPE:0
Mavilidi et al., 2016	澳大利亚	87/45	RCT	自由回忆	IPE/NIPE	10 m/次×2次/周×1周	地理名字/动物名称:+
Mavilidi et al., 2017	澳大利亚	86/45	RCT	自由/线索回忆	IPE/NIPE	10 m/次×1次/周×4周	行星名称:+
Mavilidi et al., 2018	澳大利亚	115/63	RCT	自编测试表	IPE/NIPE	15 m/次×1次/周×4周	数学成绩:IPE:+;NIPE:0
Shoval et al., 2017	以色列	160/95	QE	CRT/MAT/SPM	IPE	45 m/次×2次/天×5天/周×29周	数学能力、阅读能力:+
孙影等, 2015	中国	82/33	QE	幼儿心理健康问卷	COG	25 m/次×2次/天×3天/周×14周	语言:+
Toumpaniari et al., 2015	雅典	67/30	RCT	线索回忆	IPE	60 m/次×2次/周×4周	英语:+
Yildirim et al., 2017	土耳其	35/16	WSD	自编观察表	IPE	4 h/次×5次/周×10周	语言能力:+

注:PRCR.意大利标准化测试任务;PWPA.学前儿童文字和印刷概念测评;PALS.语音意识素养筛查;TOPA.语音意识测试;DST.拼写测试;WJ-AP.心理教育标准测验;IGDIs.学前儿童个人的成长和发展指标;PPVT.皮博迪图片词汇测验;CRT.阅读理解测试;MAT.数学成就测验;SPM.瑞文标准推理测验。

2.5.2 感知能力

7项相关研究均为多次长时COG,其中有1项研究包含了2种干预方式(定向运动和舞蹈)(Zach et al., 2015)。62.5%的现有证据表明多次长时COG对幼儿运动感知能力无显著影响。幼儿社会支持感知能力方面,Xiong等(2019)的研究发现,体感游戏对幼儿社会支持感知能力有正向影响,但Vazou等(2017)的研究却未得出积极的结论。因此,证据有限而尚不能明确身体活动对幼儿社会支持感知能力的影响。

2.5.3 注意力

7项相关研究均为COG,虽然Micrau等(2014)的研究发现幼儿注意力不受单次短时COG的影响,但近90%的现有文献表明多次长时COG对幼儿的注意力有正向影响,且COG相比SIM对幼儿注意力的影响更优(赵梅玲, 2020)。

2.6 身体活动对幼儿学业表现的影响结果

学业表现结果主要集中在识字技能、语言和数学3个方面。17项研究中有16项(94.1%)报告了干预组后测显

著高于前测和/或控制组后测。

2.6.1 识字技能

7项相关研究中2项为COG,有效率为50%。其他5项研究均为IPE,皆属有效干预。85.7%的证据支持IPE对幼儿识字技能有正向影响。

2.6.2 语言能力

9项相关研究中2项为COG、7项为IPE,有效率为100%。3项IPE研究中还包含NIPE(Mavilidi et al., 2015, 2016, 2017)。对比两类运动干预对幼儿语言能力的影响结果发现,IPE相比NIPE更有效(Mavilidi et al., 2015, 2017)。91.6%文献结果表明,IPE和COG对幼儿的语言有正向影响。

2.6.3 数学表现

3项相关研究考察了体智型干预和COG对幼儿数学表现的影响,其中1项研究包括2种干预类型(IPE和NIPE)(Mavilidi et al., 2018)。虽有3项研究结果表明IPE和COG对幼儿数学表现有正向影响,但因相关研究数量有限,尚未得出明确的评判。

表4 身体活动对幼儿认知发展和学业表现影响的证据强度统计表

Table 4 Evidence Strength of Physical Activity on Preschooler's Cognitive Development and Academic Performance		n=43		
结果内容	干预结果	研究文献	结果(占比/%)	结论
认知发展结果				
执行功能				
抑制控制	+	江大雷等,2015;王瑞萌等,2018;赵梅玲,2020 ^{PTP} ;周龙峰等,2021;Chang et al., 2013 ^{LM} ; Hudson, 2021; Mulvey et al., 2018	9/13(69.2)	++
	0	Keown,2020; Stein et al.,2017; Wen et al.,2018	3/13(23.1)	
	-	Tandon et al.,2018	1/13(7.7)	
工作记忆	+	刘瑾彦,2015;赵梅玲,2020 ^{PTP} ; Mulvey et al.,2018; Pasichnyk et al.,2015;	5/12(41.7)	??
	0	江大雷等,2015;王瑞萌等,2018;周龙峰等,2021; Hudson, 2021; Keown,2020; Tandon et al.,2018; Wen et al.,2018	7/12(58.3)	
认知灵活性	+	王瑞萌等,2018; Gao et al., 2019a; Keown,2020; Xiong et al.,2017,2019	5/9(55.6)	??
	0	江大雷等,2015;Stein et al.,2017; Tandon et al.,2018; Wen et al.,2018	4/9(44.4)	
感知能力				
运动感知	+	Pasichnyk,2015; Zach et al.,2015 ^{OD}	3/8(37.5)	00
	0	王佳丽等,2010; Gao et al., 2019b; Vazou et al.,2017; Xiong et al.,2017,2019	5/8(62.5)	
社会支持感知	+	Xiong et al.,2019	1/2(50.0)	??
	0	Vazou et al.,2017	1/2(50.0)	
注意力	+	周龙峰等,2021;赵梅玲,2020 ^{PTP} ; Jarraya et al.,2019; Palmer et al.,2013; Pasichnyk et al.,2015; Zach et al.,2015	7/8(87.5)	++
	0	Mierau et al.,2014	1/8(12.5)	
学业表现结果				
识字技能	+	Battaglia et al.,2020; Bedard et al.,2017,2018; Callcott et al.,2014; Kirk et al.,2013,	6/7(85.7)	++
	0	2016 Battaglia et al.,2018	1/7(14.3)	
语言	+	孙影等,2015; Kenanoğlu et al.,2021; Mavilidi et al.,2015,2016 ^{IPE,NIPE} ,2017 ^{IPE,NIPE} ;	11/12(91.6)	++
	0	Pasichnyk et al.,2015; Shoval et al.,2017; Toumpaniari et al., 2015; Yildirim et al.,2017	1/12(8.3)	
数学	+	Hudson, 2021; Mavilidi et al.,2018 ^{IPE} ; Shoval et al.,2017	3/4(75.0)	+
	0	Mavilidi et al.,2018 ^{NIPE}	1/4(25.0)	

注:L/M.低强度/中强度;PT.网球结合身体功能训练;P.身体功能训练;O/D.定向运动和跳舞.粗体文献为单次短时干预文献;00.占比在0%~33%,表示影响强度不显著;?? .占比在34%~59%,表示影响强度不明确;++.占比在60%~100%,且支持这一结论的研究4项以上,表示具有强正向影响;+.占比在60%~100%,但支持这一结论的研究不足4项,表明证据有限。

3 讨论

本研究证实了身体活动对幼儿执行功能和语言发展的积极影响(Carson et al., 2016; Li et al., 2020; Zeng et al., 2017),并进一步发现相比单次短时运动干预,多次长时COG对幼儿执行功能有更显著的影响;多次长时COG对幼儿注意力也有正向作用,但对幼儿运动感知能力无显著影响;此外,IPE相比NIPE对幼儿的学业表现有更积极的影响。

执行功能是一系列自上而下的心理过程(Espy, 2004),通常包括抑制控制、工作记忆和认知灵活性(Miyake et al., 2000),被认为是更高级别的认知过程(Diamond, 2013),与儿童的入学准备和学业成绩相关(Diamond et al., 2016; Hillman et al., 2016)。本研究发现,多次长时COG相比单次短时和SIM对幼儿执行功能的促进作用更显著,这是对前期2项系统评价(Li et al., 2020; Zeng et al., 2017)的证实和有价值的延伸。本研究纳入了单次短时运动干预

研究,对比短时和长时运动对幼儿执行功能的影响,为这一研究领域提供了更多有价值的信息。目前相关研究表明,单次短时运动对学龄儿童执行功能有低中度的积极影响(De Greeff et al., 2018),但本研究发现,单次短时运动对幼儿的执行功能无显著差异,甚至Tandon等(2018)的研究结果显示,单次短时运动干预与3岁幼儿的抑制控制结果呈负相关。幼儿相关的横断面研究也支持这一结论(Cook et al., 2019; Willoughby et al., 2018)。以上不同的发现可能与研究对象的年龄相关,原因如下:1)与研究对象的心理发展特征相关。有研究发现,运动对执行功能的功效取决于儿童的发育状况,发育更好的儿童执行功能更易受身体活动的积极影响(Best, 2010; Tomporowski et al., 2008)。相比学龄儿童,幼儿抑制能力较弱,在抑制任务过程中更易分心和出错(Berk, 2017)。因此,幼儿受身心发育限制而致使其执行功能可能不受单次短时运动刺激的影响(Stein et al., 2017)。2)幼儿可能对超

出平常强度的单次短时运动会产生过度反应,从而影响了幼儿在认知任务中的表现(Tandon et al., 2018)。可见,幼儿的执行功能可能因身心发育不成熟而在单次短时运动中受益不显著。

有证据表明,多次长时 COG 更有助于儿童和成人执行功能发展(Diamond et al., 2016; Li et al., 2020)。目前,对出现这一结果较认可的解释:1)通过身体活动固有的认知参与提高参与者的认知能力。如多次长时 COG 因需要分配更多的注意力(Tomporowski et al., 2015)而更有益于幼儿执行功能的发展。青少年儿童的相关研究也证实了这一推断(De Greeff et al., 2018; Vazou et al., 2016)。2)作用机制的解释。多次长时 COG 会引起促进认知功能改善的大脑生理变化,如增加海马体积(Erickson et al., 2009),促进海马神经、小脑和大脑皮层增长(Carey et al., 2005),增加脑内血流量(Lambrick et al., 2016),诱导神经递质如胰岛素样生长因子、血管内皮生长因子和脑源性神经营养因子上调(Berchtold et al., 2005; Ding et al., 2006)等。因此,为了促进幼儿更高级别的认知能力-执行功能的发展,未来需要督促幼儿多频次长时间的进行 COG。

通过进一步分析发现,不同类型的多次长时身体活动都可能提升幼儿的运动感知能力。感知能力是儿童对自己在学习或完成某些任务时能力表现的一种自我评价信念(Harter, 1982),运动感知是幼儿对完成某运动任务能力的自我评价,与幼儿实际的运动技能表现高度相关(Gao, 2008)。深入分析 5 项无效研究发现,干预组和控制组都进行了身体活动,干预组是有组织的 COG,而控制组也参与了身体活动。5 项研究结果表明,干预组和控制组幼儿的运动感知能力无显著性差异,可能并不是身体活动不能促进幼儿运动感知能力。相反,恰恰可能是因为任何类型的长时间运动都能促进幼儿运动感知能力。学龄儿童的相关研究也表明,身体活动与运动感知能力呈正相关,且运动感知能力受身体活动的影响力较大(Stein et al., 2007)。人类的运动、认知和学习是密不可分的,尤其是幼儿主要通过感觉运动来处理 and 认知环境(Thelen et al., 2001)。因此,感知运动作为幼儿认知和学习的基本方式,不管身体活动方式如何,都可能促进幼儿的运动感知能力。基于此,可推断任一类型的多次长时身体活动都可能提升幼儿运动感知能力,但仍需更多相关研究来验证这一推断。

本研究发现, IPE 相比 NIPE 对幼儿的学业发展有更积极的影响。学龄儿童的相关研究也支持这一结论(Have et al., 2018; Riley et al., 2015)。Have 等(2018)在小学生数学学习中融入相关身体活动,如采用跳绳学习加减法,赋予单腿跳 1 次计数 1(个位数),双腿跳计数 10(十位数),当单腿跳 4 次,双腿跳 2 次,计算结果是 24,还通过方向(向前/后跳)表示加或减等。研究发现,此类 IPE 对小

学生的数学能力有极大的促进作用。主要是 IPE 相比 NIPE 更增进了认知和运动的融合,是具身认知理论的实践。具身认知理论认为,人们从身体和物理环境的相互作用中学习(Anderson, 2003; Gallagher, 2005), IPE 遵从了这一学习原则。幼儿在执行与学习相关的动作时,大脑的视觉和运动知觉都参与其中,语义代码在特定的动作中被激活,促进动作与学习内容的表征构建,从而增强学习内容的再现(Mavilidi et al., 2018)。如幼儿通过 IPE 学习数学知识时,数学概念根植于身体、空间系统和情景动作,使得其在数字理解上呈现具体化、空间化的特征,进而将数学知识与现实世界联系起来,以此增强了幼儿的数学洞察力(Smith et al., 2014)。此外, IPE 不仅可以提高儿童的心理表征构建,还可以帮助其获得更丰富的认知图式和增强记忆的编码、保持和提取能力(Madan et al., 2012; Zacharia et al., 2012)。已有研究表明,认知学习过程中加入手势动作可以减轻工作记忆的负担,释放用于建立更深层理解的工作记忆资源(Cook et al., 2008; Paas et al., 2012)。幼儿在 IPE 学习中还受镜像神经元系统的作用,通过观察同伴和老师的动作激活运动皮层中动作相关的神经元(Rizzolatti et al., 2004),因动作和知识的相关性,观察到的动作支持这些动作在心理的认知模拟,从而增强运动与知识的联系,促进幼儿知识学习的效率。

尽管本研究采用半定量的方式总结了身体活动对幼儿认知发展和学业表现的影响,发现多次长时 COG 和 IPE 均更能促进幼儿的认知发展和学业表现,但仍存在一些不足:1)由于受时间和检索语言限制,本研究只纳入了近 10 年的中、英文文献,可能导致评价证据不够全面。2)不同的研究对幼儿认知能力,如执行功能和注意力采用了不同的测评工具,在一定程度上对同一结果指标的横向比较造成了困难,也对本研究的结论总结带来了一些不确定性。3)纳入文献在方法学质量上存在一定的偏倚风险,会对干预的有效性和结果判断造成一定影响,需对研究结果谨慎解读。

4 结论与建议

4.1 结论

1)多次长时 COG 对幼儿的认知能力有正向影响;研究证实,相比单次短时运动和 SIM,多次长时 COG 更能促进幼儿执行功能的发展;强有力的证据表明,身体活动对幼儿注意力有正向影响,且 COG 相比 SIM 效果更好;任何类型的身体活动都有可能对幼儿的运动感知能力有积极作用,但还需相关研究加以证实。

2) IPE 和 COG 对幼儿的学业表现有积极影响;相比 NIPE, IPE 对幼儿学业表现的影响更积极;强有力证据表明, IPE 对幼儿的识字技能、语言能力都有正向影响; IPE

对幼儿数学表现也有正向影响,但支持证据有限,尚需更多相关研究进一步证实。

4.2 建议

1)持续深入扩展对我国幼儿认知领域的研究。我国现有研究更多集中于幼儿执行功能的某一个维度,虽然已有研究内容开始涉及幼儿感知能力,但数量有限。为了我国幼儿教育的科学发展,相关研究应拓展研究领域,探索身体活动对幼儿认知发展其他维度的影响,为我国幼儿认知发展提供更多的理论支持。

2)从SIM向有组织的多次长时COG模式转变,促进幼儿认知发展。本研究发现,身体活动对幼儿感知能力的影响虽不受身体活动类型的影响,但对于高阶认知能力,有组织的多次长时COG更有效。因此,建议国内相关研究调整干预范式,增加有组织的多次长时COG研究,为促进我国幼儿认知发展提供更科学的理论依据。

3)探索IPE教学模式,提升幼儿学业发展。研究发现,IPE对幼儿学业表现的影响更积极。然而,目前我国鲜见对幼儿进行IPE的相关研究报道。鉴于IPE对幼儿学业表现的积极影响,建议今后相关研究考虑在学科学习中融入相关的身体活动,将运动和知识分离的教学模式转变为运动与知识融合的一体化教学模式。

参考文献:

- 崔云霞, 2010. 律动训练对幼儿智力影响的实验研究[J]. 体育与科学, 31(3): 81-87.
- 谷鸿秋, 王杨, 李卫, 2014. Cochrane 偏倚风险评估工具在随机对照研究Meta分析中的应用[J]. 中国循环杂志, 29(2): 147-148.
- 黄希庭, 2004. 简明心理学辞典[M]. 合肥: 安徽人民出版社: 309.
- 江大雷, 曾从周, 2015. 8周中等强度足球运动游戏对学龄前儿童执行功能发展的影响[J]. 中国体育科技, 51(2): 43-50.
- 刘瑾彦, 2015. 体育游戏活动对幼儿观察力和记忆力影响的实验研究[J]. 中国学校卫生, 36(12): 1888-1890.
- 孙影, 胡永妹, 杨晓童, 2015. 幼儿健身操对学前儿童身体素质和心理健康的影响[J]. 中国学校卫生, 36: 1019-1021.
- 王浩, 唐晓宇, 王和平, 等, 2018. ROBINS-I: 评估非随机干预性研究偏倚风险的新工具[J]. 中国循证心血管医学杂志, 10(7): 789-793.
- 王瑞萌, 庞鑫, 李未名, 等, 2018. 跆拳道训练对学龄前儿童执行功能发展的影响[J]. 体育学刊, 25(5): 119-125.
- 王佳丽, 马渝英, 董燕燕, 2010. 幼儿体操训练对改善儿童感觉机能和身体素质的作用[J]. 南京师范大学(自然科学版), 33(4): 110-113.
- 赵梅玲, 2020. 两种训练干预方案对学龄前儿童体质与不同认知任务的影响[J]. 北京体育大学学报, 43(5): 89-97.
- 周龙峰, 崔洁, 张晓娟, 等, 2021. 身体运动功能训练对4~5岁儿童体质与认知功能干预效果评价[J]. 中国学校卫生, 42(6): 883-886, 892.
- ANDERSON M L, 2003. Embodied Cognition: A field guide[J]. *Artif Intell*, 149(1): 91-130.
- BATTAGLIA G, ALESI M, TABACCHI G, et al., 2018. The development of motor and pre-literacy skills by a physical education program in preschool children: A non-randomized pilot trial[J]. *Front*

- Psychol*, 9: 2694.
- BATTAGLIA G, GIUSTINO V, TABACCHI G, et al., 2020. Effectiveness of a physical education program on the motor and pre-literacy skills of preschoolers from the training-to-health project: A focus on weig[J]. *Front sports Act Living*, 2: 579421.
- BEDARD C, BREMER E, CAMPBELL W, et al., 2017. A Quasi-experimental study of a movement and preliteracy program for 3-and 4-year-old children[J]. *Front Pediatr*, 5: 94.
- BEDARD C, BREMER E, CAMPBELL W, et al., 2018. Evaluation of a direct-instruction intervention to improve movement and preliteracy skills among young children: A within-subject repeated-measures design[J]. *Front Pediatr*, 5: 298.
- BERCHTOLD N C, CHINN G, CHOU M, et al., 2005. Exercise primes a molecular memory for brain-derived neurotrophic factor protein induction in the rat hippocampus[J]. *Neuroscience*, 133(3): 853-861.
- BERK L E, 2017. *Development Through the Lifespan (7th)* [M]. Boston: Pearson Education: 214-265.
- BEST J R, 2010. Effects of physical activity on children's executive function: Contributions of experimental research on aerobic exercise[J]. *Dev Rev*, 30(4): 331-551.
- CALLCOTT D, HAMMOND L, HILL S, 2014. The synergistic effect of teaching a combined explicit movement and phonological awareness program to preschool aged students[J]. *Early Child Educ J*, 43(3): 201-211.
- CAREY J, BHATT E, NAGPAL A, 2005. Neuroplasticity promoted by task complexity[J]. *Exerc Sport Sci Rev*, 33(1): 24-31.
- CARSON V, HUNTER S, KUZIK N, et al., 2016. Systematic review of physical activity and cognitive development in early childhood[J]. *J Sci Med Sport*, 19(7): 573-578.
- CHANG Y K, TSAI Y J, CHEN T T, et al., 2013. The impacts of coordinative exercise on executive function in kindergarten children: An ERP study[J]. *Exp Brain Res*, 225(2): 187-196.
- COOK C J, HOWARD S J, SCERIF G, et al., 2019. Associations of physical activity and gross motor skills with executive function in preschool children from low-income South African settings [J]. *Deve Sci*, 22(5): e12820.
- COOK S W, MITCHELL Z, GOLDIN-MEADOW S, 2008. Gesturing makes learning last[J]. *Cognition*, 106(2): 1047-1058.
- COSTA H J T, BARCALA-FURELOS R, ABELAIRAS-GOMEZ C, et al., 2015. The influence of a structured physical education plan on preschool children's psychomotor development profiles[J]. *Aust J Early Child*, 40(2): 68-77.
- DE GREEFF J W, BOSKER R J, OOSTERLAAN J, et al., 2018. 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.
- DIAMOND A, LING D S, 2016. Conclusion about Interventions, programs, and approaches that appear promising for improving executive functions and those that, despite much hype, do not[J]. *Dev Cogn Neurosci*, 18(18): 34-48.
- DIAMOND A, 2013. Executive functions [J]. *Annu Rev Psychol*, 64: 135-168.
- DING Q, VAYNMAN S, AKHAVAN M M, et al., 2006. Insulin-like

- growth factor I interfaces with brain-derived neurotrophic factor-mediated synaptic plasticity to modulate aspects of exercise-induced cognitive function[J]. *Neuroscience*, 140(3): 823-833.
- DONNELLY J E, HILLMAN C H, CASTELLI D, et al., 2016. Physical activity, fitness, cognitive function, and academic achievement in children: A systematic review[J]. *Med Sci Sports Exerc*, 48(6): 1197-1222.
- DRAPER C E, ACHMAT M, FORBES J, et al., 2012. Impact of a community-based programme for motor development on gross motor skills and cognitive function in preschool children from disadvantaged settings[J]. *Early Child Dev Care*, 182(1): 137-152.
- ERICKSON K I, HILLMAN C, SULLMAN C M, et al., 2019. Physical activity, cognition, and brain outcomes: A review of the 2018 physical activity guidelines [J]. *Med Sci Sports Exerc*, 51(6): 1242-1251.
- ERICKSON K I, PRAKASH R S, VOSS M W, et al., 2009. Aerobic fitness is associated with hippocampal volume in elderly humans[J]. *Hippocampus*, 19(10): 1030-1039.
- ESPY K A, 2004. Using developmental, cognitive, and neuroscience approaches to understand executive control in young children [J]. *Dev Neuropsychol*, 26(1): 379-384.
- GALLAGHER S, 2005. *How the Body Shapes the Mind* [M]. Oxford: Clarendon Press: 173-178.
- GAO Z, 2008. Perceived competence and enjoyment in predicting students' physical activity and cardiorespiratory fitness [J]. *Percept Mot Skills*, 107(2): 365-372.
- GAO Z, HUANG C, LIU T, et al., 2012. Impact of interactive dance games on urban children's physical activity correlates and behavior[J]. *J Exerc Sci Fit*, 10(2): 107-112.
- GAO Z, LEE J E, ZENG N, et al., 2019a. Home-based exergaming on preschoolers' energy expenditure, cardiovascular fitness, body mass index and cognitive flexibility: A randomized controlled trial[J]. *J Clin Med*, 8(10):1745-1758.
- GAO Z, ZENG N, POPE Z C, et al., 2019b. Effects of exergaming on motor skill competence, perceived competence, and physical activity in preschool children[J]. *J Sport Health Sci*, 8(2): 106-113.
- HARTER S, 1982. The perceived competence scale for children [J]. *Child Dev*, 51(1): 87-97.
- HAVE M, NIELSEN J H, ERNST M T, et al., 2018. Classroom-based physical activity improves children's math achievement: A randomized controlled trial[J]. *PLoS One*, 13(12): e0208787.
- HILLMAN C H, BIGGAN J R, 2017. A review of childhood physical activity, brain, and cognition: Perspectives on the future [J]. *Pediatr Exerc Sci*, 29(2):170-176.
- HUDSON K N, BALLOU H M, WILLOUGHBY M T, 2021. Short report: Improving motor competence skills in early childhood has corollary benefits for executive function and numeracy skills [J]. *Dev Sci*, 24(4): e13071.
- JARRAYA S, WAGNER M, JARRAYA M, et al., 2019. 12 Weeks of kindergarten-based yoga practice increases visual attention, visual-motor precision and decreases behavior of inattention and hyperactivity in 5-year-old children[J]. *Front Psychol*, 10:796-807
- JONES R A, HINKLE T, OKELY A D, et al., 2013. Tracking physical activity and sedentary behavior in childhood: A systematic review[J]. *Am J Prev Med*, 44(6): 651-658.
- KENANOĞLU D, DURAN M, 2021. The effect of traditional games on the language development of pre-school children in pre-school education[J]. *Asian J Educ Train*, 7(1): 74-81.
- KEOWN L J, FRANKE N, TRIGGS C M, 2020. An evaluation of a classroom-based intervention to improve executive functions in 4-year old children in New Zealand[J]. *Early Child Educ J*, 48(5): 621-631.
- KIRK S M, VIZCARRA C R, LOONEY E C, et al., 2013. Using physical activity to teach academic content: A study of the effects on literacy in head start preschoolers[J]. *Early Child Educ J*, 42(3): 181-189.
- KIRK S M, KIRK E P, 2016. Sixty minutes of physical activity per day included within preschool academic lessons improves early literacy[J]. *J Sch Health*, 86(3): 155-163.
- LAMBRICK D, STONER L, REBECCA G, et al., 2016. Effects of continuous and intermittent exercise on executive function in children aged 8-10 years[J]. *Psychophysiology*, 53(9): 1335-1342.
- LI L, ZHANG J, CAO M, et al., 2020. The effects of chronic physical activity interventions on executive functions in children aged 3-7 years: A Meta-analysis[J]. *J Sci Med Sport*, 23(10):949-954.
- MADAN C R, SINGHAL A, 2012. Using actions to enhance memory: Effects of enactment, gestures, and exercise on human memory[J]. *Front Psychol*, 3: 507-511.
- MAVILIDI M F, OKELY A, CHANDLER P, et al., 2015. Effects of integrated physical exercises and gestures on preschool children's foreign language vocabulary learning[J]. *Educ Psychol Rev*, 27(3): 413-426.
- MAVILIDI M F, OKELY A D, CHANDLER P, et al., 2016. Infusing physical activities into the classroom: effects on preschool children's geography learning[J]. *Mind Brain Educ*, 10(4): 256-263.
- MAVILIDI M F, OKELY A D, CHANDLER P, et al., 2017. Effects of integrating physical activities into a science lesson on preschool children's learning and enjoyment[J]. *Appl Cogn Psychol*, 31(3): 281-290.
- MAVILIDI M F, OKELY A, CHANDLER P, et al., 2018. Immediate and delayed effects of integrating physical activity into preschool children's learning of numeracy skills[J]. *J Exp Child Psychol*, 166: 502-519.
- MIERAU A, HULSDUNKER T, MIERAU J, et al., 2014. Acute exercise induces cortical inhibition and reduces arousal in response to visual stimulation in young children[J]. *Int J Dev Neurosci*, 34(3): 1-8.
- MIYAKE A, FRIEDMAN N P, EMERSON M J, et al., 2000. The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex "frontal lobe" tasks: A latent variable analysis [J]. *Cogn Psychol*, 41(1): 49-100.
- MULVEY K L, TAUNTON S, PENNELL A, et al., 2018. Head, toes, knees, skip! Improving preschool children's executive function through a motor competence intervention[J]. *J Sport Exerc Psychol*, 40(5): 233-239.
- PAAS F, SWELLER J, 2012. An evolutionary upgrade of cognitive load theory: Using the human motor system and collaboration to support the learning of complex cognitive tasks [J]. *Educ Psychol Rev*, 24(1): 27-45.

- PALMER K K, MILLER M W, ROBINSON L E, 2013a. Acute exercise enhances preschoolers' ability to sustain attention[J]. *J Sport Exerc Psychol*, 35(4): 433-437.
- PALMER K K, MILLER M W, ROBINSON L E, 2013b. Acute physical activity enhances preschoolers' ability to sustain attention [J]. *J Sport Exerc Psychol*, 35(4): 433-437.
- PASICHNYK V, MELNYK V, VOLODYMYR L, et al., 2015. Effectiveness of integral-developmental balls use in complex development of physical and mental abilities of senior preschool age children[J]. *J Phys Educ Sport*, 15(4): 775-780.
- RILEY N, LUBANS D R, MORGAN P J, et al., 2015. Outcomes and process evaluation of a programme integrating physical activity into the primary school mathematics curriculum: The EASY Minds pilot randomised controlled trial[J]. *J Sci Med Sport*, 18(6): 656-661.
- RIZZOLATTI G, CRAIGHERO L, 2004. The mirror-neuron system[J]. *Annu Rev Neurosci*, 27(1): 169-192.
- SALLIS J F, PROCHASKA J J, TAYLOR W C, 2000. A review of correlates of physical activity of children and adolescents[J]. *Med Sci Sport Exerc*, 32(5): 963-975.
- SMITH C P, KING B, HOYTE J, 2014. Learning angles through movement: Critical actions for developing understanding in an embodied activity [J]. *J Math Behav*, 36(4): 95-108.
- STEIN C, FISHER L, BERKEY C, et al., 2007. Adolescent physical activity and perceived competence: Does change in activity level impact self-perception?[J]. *J Adolesc Health*, 40(5): 462.
- STEIN M, AUERSWALD M, EBERSBACH M, 2017. Relationships between motor and executive functions and the effect of an acute coordinative intervention on executive functions in kindergartners[J]. *Front Psychol*, 8: 859-873.
- TANDON P S, KLEIN M, SAELENS B E, et al., 2018. Short term impact of physical activity vs. sedentary behavior on preschoolers' cognitive functions[J]. *Ment Health Phys Act*, 15(2): 17-21.
- TELAMA R, YANG X, LESKINEN E, 2014. Tracking of physical activity from early childhood through youth into adulthood[J]. *Med Sci Sport Exerc*, 5(46): 955-962.
- THELEN E, SCHÖNER G, SCHEIER C, et al., 2001. The dynamics of embodiment: A field theory of infant perseverative reaching[J]. *Behav Brain Sci*, 24(1): 1469-1825.
- TOMPOROWSKI P D, DAVIS C L, MILLER P H, et al., 2008. Exercise and children's intelligence, cognition, and academic achievement[J]. *Educational Psychol Rev*, 20(2): 111-131.
- TOMPOROWSKI P D, MCCULLICK B, PENDLETON D M, et al., 2015. Exercise and children's cognition: The role of exercise characteristics and a place for metacognition[J]. *J Sport Health Sci*, 4(1): 47-55.
- 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.
- VAZOU S, MANTIS C, LUZE G, et al., 2017. Self-perceptions and social-emotional classroom engagement following structured physical activity among preschoolers: A feasibility study [J]. *J Sport Health Sci*, 6(2): 241-247.
- WEN X, ZHANG Y, GAO Z, et al., 2018. Effect of mini-trampoline physical activity on executive functions in preschool children [J]. *Biomed Res Int*, doi: 10.1155/2018/2712803.
- WILLOUGHBY M T, WYLIE A C, CATELLIER D J, 2018. Testing the association between physical activity and executive function skills in early childhood[J]. *Early Childhood Res Q*, 44(3): 82-89.
- WORLD HEALTH ORGANIZATION(WHO), 2017. Physical activity [EB/OL]. [2020-12-02]. <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs385/en/>.
- XIONG S, LI X, TAO K, 2017. Effects of structured physical activity program on chinese young children's executive functions and perceived physical competence in a day care center [J]. *Biomed Res Int*, doi: 10.1155/2017/5635070.
- XIONG S, ZHANG P, GAO Z, 2019. Effects of exergaming on preschoolers' executive functions and perceived competence: A pilot randomized trial[J]. *J Clin Med*, doi: 10.3390/jcm8040469.
- ZACH S, INGLIS V, FOX O, et al., 2015. The effect of physical activity on spatial perception and attention in early childhood [J]. *Cogn Dev*, 36(4): 31-39.
- ZACHARIA Z C, LOIZOU E, PAPAERVIPIDOU M, 2012. Is physicality an important aspect of learning through science experimentation among kindergarten students? [J]. *Early Childhood Res Q*, 27(3): 447-457.
- ZENG N, AYYUB M, SUN H, et al., 2017. Effects of physical activity on motor skills and cognitive development in early childhood: A systematic review[J]. *Biomed Res Int*, doi: 10.1155/2017/2760716.

(收稿日期:2020-12-18; 修订日期:2022-11-16; 编辑:尹航)

