

执行功能的发展轨迹及其相关研究

唐亚铃, 彭文波

重庆师范大学教育科学学院, 重庆

收稿日期: 2026年4月27日; 录用日期: 2026年6月15日; 发布日期: 2026年6月25日

摘要

本文运用文献综述法, 系统梳理了执行功能领域的相关研究成果。研究首先明确执行功能的核心概念及内部结构, 并对执行功能的单一成分与多成分理论假说进行对比分析; 其次, 系统梳理并剖析执行功能在学前儿童期(3~6岁)、学龄儿童期(6~12岁)以及青春期(10~22岁)各阶段的发展特征与演变规律, 揭示不同阶段各成分的发展速率差异; 同时探讨执行功能的关联机制; 最后, 本文综述了执行功能的各类干预手段及其效果, 发现执行功能具有终身可塑性, 但这种可塑性会随着年龄增长而逐渐下降。

关键词

执行功能, 发展规律, 干预手段

The Developmental Trajectory of Executive Functions and Its Related Research

Yaling Tang, Wenbo Peng

School of Educational Sciences, Chongqing Normal University, Chongqing

Received: April 27, 2026; accepted: June 15, 2026; published: June 25, 2026

Abstract

This study adopts the literature review method to systematically summarize research findings in the field of executive functions. First, it clarifies the core concept and internal structure of executive functions, and compares the single-component and multi-component theoretical hypotheses. Second, it systematically reviews and analyzes the developmental characteristics and evolutionary patterns of executive functions in preschool children (3~6 years old), school-age children (6~12 years old), and adolescence (10~22 years old), revealing differences in the developmental rate of each subcomponent across stages. It also explores the correlated mechanisms of executive functions. Finally, this paper reviews various intervention methods and their effects, and concludes that executive

functions possess lifelong plasticity, which gradually declines with age.

Keywords

Executive Functions, Developmental Rules, Intervention Methods

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

执行功能是认知调控系统的核心要素,也是个体适应外部环境、制定并执行目标导向行为的关键心理素养。该能力贯穿生命周期全程,广泛作用于身心健康、学业表现与长远发展等多个关键领域。早期研究中,其概念与“自我调节”“认知控制”交叉重叠,缺乏统一标准[1],内部结构上单一成分与多成分假说长期并存,学前儿童执行功能的“整体性”与“分化性”争议[2],厘清执行功能的内部结构具有重要理论与现实必要性,且执行功能的发展存在显著的年龄阶段性差异:学前时期进入快速发展阶段,且各子成分发展速率不均衡;学龄期各成分逐渐分化,并能够有效预测学业表现;步入青春期,个体认知灵活性的发展逐步抵达峰值水平[3]。执行功能的整体发展受内部生理机制与外部环境因素的共同交织作用。其中,家庭因素的作用效应尚未形成统一结论[4];前额叶皮质为其发展提供重要神经基础[5]。执行功能所具备的内在可塑性,为开展各类干预训练提供了重要理论支撑与学理依据。现有干预方案虽已取得一定成效,但在适用人群、内在作用机制等核心问题上,仍有待后续研究进一步探究与厘清。

本研究采用叙述性文献综述(Narrative Review)范式开展研究,兼顾中外权威文献,中文检索数据库涵盖中国知网(CNKI)、万方、维普等数据库,外文检索数据库包括 Web of Science、Scopus、PubMed 等,检索时间跨度设定为 2000 年 1 月~2025 年 12 月;检索采用中英文主题词并联组合方式,中文关键词包含执行功能、抑制控制、工作记忆、认知灵活性、执行功能发展与干预等,英文关键词对应为 executive function、inhibitory control、working memory、cognitive flexibility、executive function development、executive function intervention 等。文献纳入标准为:研究主题紧扣执行功能核心研究范畴,文献为规范刊发的期刊论文、硕博学位论文等,内容原创、数据详实、结论可靠且具备学术参考价值。对应排除主题相关性薄弱、文献质量低下、内容残缺、存在学术不端的无效文献。整体文献筛选严格遵循标题初筛、摘要复筛、全文精筛的三轮标准化流程,最终筛选出高质量核心文献用于本综述的分析与评述,保障文献样本的权威性、精准性与时效性。

2. 概念界定

2.1. 执行功能的核心概念

执行功能是包含计划策略、认知灵活性、抑制控制等多维成分的高级认知功能,作为个体应对复杂任务与陌生环境的核心心理基础,可主导决策判断、行为调控、情绪及注意力管理;这类自上而下的高阶认知调控过程,即为执行功能[6],其核心是控制协调各类认知过程以实现灵活高效的行为表现。其核心成分包括抑制控制、工作记忆、认知灵活性[7];抑制控制是抑制冲动或干扰信息、控制注意力与行为的能力,细分为侧重注意力控制的干扰抑制和侧重抑制不当行为的反应抑制[8],能力强弱直接影响工作记忆中干扰信息的渗透;工作记忆是短时存储与加工信息的核心能力,支撑各类复杂认知活动,典型如

阅读时整合上下文信息, 可分为侧重信息存储的工作记忆广度和侧重信息更新的工作记忆刷新[9]; 认知灵活性是个体依据任务情境主动调整认知策略的能力, 需有意识参与, 兼具发展习得性与年龄衰退性。执行功能三成分关系密切, 三者协同支撑复杂认知活动, 其功能缺损会显著影响日常生活与适应质量。

2.2. 执行功能的内部结构与理论模型

长期以来, 学界对执行功能的内涵界定与概念结构仍存在界定模糊与学术争议, 目前学界尚缺乏统一规范的测量范式, 难以进一步厘清并统合执行功能的内涵与结构体系[1]。伴随执行功能领域研究的持续拓展, 学界陆续提出了关于其内部结构的各类发展假说(见表 1), 但学界关于执行功能为单一成分抑或多成分结构的核心争议, 至今尚未形成统一论。

Table 1. Hypotheses of executive functions

表 1. 执行功能假说

假说	学者	执行功能的分类
多成分	Miyake	抑制控制、认知灵活性、工作记忆
	Diamond	抑制控制、认知灵活性、工作记忆
	Liew	冷执行功能和热执行功能
单一成分	Anderson	注意力控制、认知灵活性以及目标设定、信息处理
	Baddeley	工作记忆
	Carlson	抑制控制

针对单一成分与多成分的长期争议, 其核心分歧源于研究方法 with 样本年龄的差异: 单一成分假说多采用横断设计与简单任务, 易高估各维度间的相关性; 多成分假说多采用验证性因子分析与多任务范式, 更易分离出独立子成分[10]。同时, 年龄是关键调节变量——学前阶段执行功能更接近单一整合结构, 随年龄增长与前额叶发育逐步分化为多成分结构, 这一发展性分化特征是解释两类假说共存的核心线索。

3. 执行功能的发展规律

3.1. 学前儿童时期的发展规律

在抑制控制发展上, 国外儿童大多在 4 岁左右发展趋于峰值[11]; 国内 3 岁儿童简单 Stroop 任务发展先快后慢, 复杂抑制能力则持续发展[12]。国内外结论差异主要源于任务复杂度与文化环境: 简单抑制任务跨文化一致性较高, 复杂抑制任务受教育方式、规则理解习惯影响更显著, 导致发展轨迹出现分化。工作记忆自 2 岁起开始萌芽发展, 至 3 岁时便与抑制控制出现结构上的分化[13]; 3~5 岁是其发展的关键快速期[11], 其中视觉工作记忆 4~6 岁快速发展, 3~6 岁各年龄组差异显著[14], 言语工作记忆发展较缓、5 岁达顶峰, 4~5 岁数字记忆范围为 2~5 个[15]; 认知灵活性发展渐进, 国外 3~5 岁高速发展[16], 国内儿童发展规律与之类似但任务轨迹有差异, 4 岁为转折期、5 岁后趋于平缓, 且 DCCS 范式适配 3~5 岁, FIST 范式适配 4~6 岁[17]。认知灵活性的转折年龄差异, 本质是范式测量侧重不同: DCCS 侧重维度转换, FIST 侧重多重分类规则, 任务逻辑难度差异导致转折年龄出现约 1 年的偏移。

3.2. 学龄儿童时期的发展规律

执行功能各子成分在儿童发展进程中不断分化、逐步结构化。学龄期(6~12 岁)是执行功能发展的关键阶段, 此时期儿童的执行功能水平呈现出显著的提升态势。抑制控制是执行功能中较早成熟的子成分

[16]。Boelema 等基于 11~19 岁大样本研究发现, 这一年龄阶段个体的抑制控制发展渐趋平稳, 而工作记忆更新与认知灵活性的发展进程则更为缓慢[18]。在各年龄阶段中, 6~8 岁与 10~12 岁是儿童执行功能发展的关键跃升期[16]。该阶段儿童工作记忆的容量与加工效率同步增长, 对复杂信息的处理能力明显增强[19]; 儿童克制非适宜反应的能力日渐成熟, 任务切换与环境适应能力稳步提升, 整体自我调节机能愈发完善[20]。

3.3. 青春期的发展规律

青春期(10~22 岁)作为人生关键的过渡时期, 青少年的生理发育、认知水平、情绪状态及社交能力均会出现重大转变[21]。青春早期(10~14 岁)的激素变化既塑造个体外在形态, 作用于社会情感发展, 是执行功能走向成熟分化的关键发展阶段。Huizinga 等发现工作记忆可持续发展至 21 岁, 而认知灵活性与抑制控制在 15 岁左右便逐渐趋于成熟[22]。执行功能的内部结构具有年龄发展的分化特征: 学龄前期其整体呈单一整合结构, 各子成分尚未实现分离与独立发展[23], 进入童年晚期与青春期初期, 逐步形成趋近成人的三维结构[7], 这一分化与大脑神经网络专业化相关, 表现为网络分离与整合的变化[24], 同时, 其行为表现对前额叶脑区活动的依赖性逐步增强[25], 其发展本质是认知结构与神经系统功能的深层变革。随着执行功能日趋成熟, 青少年应对复杂任务的适应能力与创造力显著提升; 空间发散思维则在 15~17 岁达到发展顶峰, 甚至优于部分青年群体, 进一步印证了青春期是认知灵活性发展的重要阶段[3]。青春期各子成分成熟时序差异, 源于神经发育速率不同: 抑制控制与认知灵活性依赖背外侧前额叶与顶叶的快速联结, 青春期早期快速成熟; 工作记忆依赖多脑区协同与髓鞘化完善, 成熟周期更长, 由此形成“抑制-灵活性先成熟、工作记忆持续发展”的非同步模式。

4. 执行功能相关因素整合分析

执行功能的发展与差异并非单一因素导致, 而是生物、心理、社会三层因素动态交互的结果。

4.1. 生物层面: 神经生理基础

执行功能的早期研究多源于其与前额叶皮质(PFC)的密切关联, 这一神经功能关联已得到大量实证研究支持。前额叶皮质体积与执行功能水平呈显著正相关, 且二者相关程度受执行功能亚型调节[26]。PFC 的作用会随执行功能任务类型而存在差异。执行功能并非由单一脑区独立调控, 而是依赖基底节、间脑、小脑、深部白质及顶叶等多脑区的协同参与与神经网络联动。这些脑区之间形成了紧密的神经联结, 同时还与大脑其他区域建立广泛的联动机制, 共同为感知、记忆、语言、思维等各类复杂认知活动提供支撑, 促使个体认知功能能够正常运转[27]。部分研究未发现 PFC 与执行功能的强相关, 原因在于: 仅关注脑体积而忽视功能连接; 任务过于简单无法激活前额叶; 样本年龄跨度大, 掩盖了发育阶段的特异性。

4.2. 心理层面: 认知与学业功能

Nikolova 的研究证实, 初中生认知灵活性与工作记忆可正向预测数学学业表现[28]; 抑制控制既显著预测数学技能发展, 又在数学焦虑与数学成绩间发挥中介作用[29]。Ciuhan 和 Iliescu 发现, 抑郁儿童的执行功能缺损与注意力涣散, 在抑郁情绪和学习困境中起部分中介效应[30]。韩燕等发现青春期个体的知觉加速能力仅依托工作记忆更新发挥作用, 间接作用于流体智力发展[31]。执行功能对学业的预测性存在不一致, 关键原因: 学段不同、学科差异、测量任务不同。工作记忆对数学预测力更强, 抑制控制对阅读与课堂行为更关键, 跨学科迁移有限。

认知神经科学研究表明, 阅读能力与执行功能密切相关, 阅读训练可重塑大脑神经活动并促进执行功能发展。学龄期研究显示, 持续阅读能促进左额中回发育, 并增强其与突显网络的功能连接[32]。针对

阅读障碍的干预主要存在补偿机制与正常化机制两种解释：前者通过增强右侧半球、额叶等脑区激活代偿阅读缺陷[33]，后者则使经典阅读网络激活趋于典型化[34]。尽管阅读干预可带来神经可塑性改变[35]，但相关元分析发现，干预后脑区激活变化并非稳定出现，研究结果仍存在分歧[36]。阅读与执行功能的双向关系存在争议，原因在于：干预时长、训练材料难度、被试障碍程度不同；部分研究仅关注行为成绩，未采集神经影像指标，难以观测可塑性变化。

4.3. 社会层面：家庭环境

在家庭投资模型框架下，家庭学习环境是推动执行功能发展的核心外部环境变量。家庭环境中，父母作为儿童的重要抚育者，可为其提供丰富的认知刺激与多元支持，助力执行功能的习得与发展。家庭亲子活动，特别是日常语言互动的频繁程度，能够显著正向预测学前儿童执行功能的发展水平[4]。家庭藏书、益智玩具等家庭文化资源与幼儿执行功能发展密切相关，充足的学习资源可缓解低社会经济地位对36个月儿童执行功能的消极影响[37]。但也有研究并未证实家庭阅读环境对执行功能具有预测作用[38]。家庭因素效应不一致的核心解释：(1) 测量差异：有的测整体环境，有的仅测阅读活动，维度不统一；(2) 年龄差异：家庭对学前儿童影响更大，学龄后被学校因素稀释；(3) 社会经济地位混淆：高社会经济地位家庭的资源与教养方式共同起作用，难以单独分离阅读环境效应。

5. 干预研究

正念训练与运动干预均被证实能显著促进儿童及青少年的执行功能发展，但受益程度存在个体差异。正念训练对基线执行功能水平较低的儿童提升幅度更大，干预效果更为显著[39]。运动干预同样对各年龄段人群的执行功能具有普遍促进作用，其中中高强度有氧运动是关键因素。单次短期干预中，运动强度对执行功能(尤其是工作记忆)产生即时作用[40]，而长期干预视角下，运动强度与认知参与均能显著助推执行功能发展，且认知参与的增益效果更优[41]；纵向研究也证实长期坚持有氧运动可促进执行功能的长效发展[42]。认知刺激假说认为，认知参与能够激活高级认知功能对应的脑区[43]，高认知参与度的挑战性任务既可提升个体认知能力，亦可重塑大脑神经结构[44]。相比之下，心智工具对学前儿童执行功能的培养价值虽已受到学界关注[45]，表演游戏等活动可借助心智工具帮助儿童发展执行功能[11]，且在国外已形成完整教学体系并广泛应用[46]，但目前国内实际应用仍较有限，系统性的实证研究尚付阙如。

当前执行功能干预研究在两大核心议题上存在明显分歧：一是近迁移与远迁移的稳定性，二是干预增益的长效维持。主流研究发现，近迁移效应普遍稳定，而远迁移向学业、行为与社会适应的转化效力不一。元分析显示，儿童认知训练可产生近迁移与远迁移，其中工作记忆近迁移最突出；针对神经发育障碍群体的干预亦可改善日常生活与临床症状。部分研究表明，认知训练、运动干预、心智工具课程能提升课堂行为、阅读与数学表现；但也有大量研究未能复现显著远迁移，甚至出现即刻提升但短期随访即消退，或在严格控制条件下未观测到可靠迁移。

争议原因包括：① 多采用单一成分靶向，难以驱动整体执行功能网络协同优化；② 干预剂量差异大，长时训练(≥ 1260 分钟)效果显著优于短时；③ 基线、年龄、家庭环境等混淆变量控制不足；④ 缺乏标准化长效追踪设计。纵向证据表明，运动干预在36周内持续提升，结构化多领域干预可维持增益2年以上，而部分单一认知训练在随访6~12个月后显著衰减。理论层面，迁移与长效性争议印证了执行功能整体性与分化性并存的特征：单一成分训练易出现近迁移但远迁移不足，兼顾多成分协同、高认知参与与情境化应用的整合干预更易实现稳定迁移与长效保持。未来研究应从“单一任务训练”转向“多维整合训练”，从“即时效果检验”转向“长效追踪机制探索”，明确迁移边界条件与神经认知基础，以构建可推广、可持续的干预方案。

6. 结论与未来研究方向

执行功能是由抑制控制、工作记忆与认知灵活性组成的高级认知系统, 在学前期至青春期呈现先整合、后分化的发展轨迹, 结构上表现为整体性与分化性并存。其发展差异受生物-心理-社会多因素动态交互影响, 前额叶发育、身心健康、认知学业及家庭环境共同发挥作用。各类干预均可提升执行功能, 对基线水平较低者效果更显著, 其中高认知参与训练与中高强度有氧运动效应最稳定, 但现有干预普遍存在近迁移强、远迁移弱、长效性不足的争议, 进一步印证其结构特征。总体而言, 执行功能具有终身可塑性, 可在“整体为基、逐步分化”框架下整合解释, 为理论构建、本土化评估与精准干预提供依据。未来可针对中国儿童开展 3~18 岁大样本纵向追踪研究, 系统构建本土化发展常模并精准定位执行功能“整体-分化”的关键年龄节点; 同时应设计高认知参与、多成分协同、情境化落地的整合干预方案, 系统检验远迁移效应与长效维持机制; 此外, 还需结合 fMRI、ERP 等认知神经技术, 深入揭示神经发育、家庭环境与干预训练影响执行功能的认知机制与神经环路, 为执行功能的理论完善、科学评估与精准干预提供更坚实的实证支撑。

参考文献

- [1] Bailey, R. and Jones, S.M. (2019) An Integrated Model of Regulation for Applied Settings. *Clinical Child and Family Psychology Review*, **22**, 2-23. <https://doi.org/10.1007/s10567-019-00288-y>
- [2] Fuhs, M.W. and Day, J.D. (2011) Verbal Ability and Executive Functioning Development in Preschoolers at Head Start. *Developmental Psychology*, **47**, 404-416. <https://doi.org/10.1037/a0021065>
- [3] Kleibeuker, S.W., Koolschijn, P.C.M.P., Jolles, D.D., Schel, M.A., De Dreu, C.K.W. and Crone, E.A. (2013) Prefrontal Cortex Involvement in Creative Problem Solving in Middle Adolescence and Adulthood. *Developmental Cognitive Neuroscience*, **5**, 197-206. <https://doi.org/10.1016/j.dcn.2013.03.003>
- [4] Romeo, R.R. (2019) Socioeconomic and Experiential Influences on the Neurobiology of Language Development. *Perspectives of the ASHA Special Interest Groups*, **4**, 1229-1238. https://doi.org/10.1044/2019_persp-19-00073
- [5] 米文芳, 董强利, 张兰. 青少年抑郁症认知功能损害及影响因素的研究进展[J]. 新医学, 2023, 54(1):13-16.
- [6] Diamond, A. (2013) Executive Functions. *Annual Review of Psychology*, **64**, 135-168. <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-113011-143750>
- [7] Miyake, A., Friedman, N.P., Emerson, M.J., Witzki, A.H., Howerter, A. and Wager, T.D. (2000) The Unity and Diversity of Executive Functions and Their Contributions to Complex “Frontal Lobe” Tasks: A Latent Variable Analysis. *Cognitive Psychology*, **41**, 49-100. <https://doi.org/10.1006/cogp.1999.0734>
- [8] 祝孝亮, 赵鑫. 执行功能在不同年级儿童数学能力中的作用[J]. 心理学报, 2023, 55(5): 696-710.
- [9] Himi, S.A., Bühner, M. and Hilbert, S. (2021) Advancing the Understanding of the Factor Structure of Executive Functioning. *Journal of Intelligence*, **9**, Article 16. <https://doi.org/10.3390/jintelligence9010016>
- [10] 钟晗玥. 象征性游戏的课程化路径——美国“心智工具”干预项目的经验和启发[J]. 教育参考, 2021(4): 56-62.
- [11] Clark, C.A.C., Sheffield, T.D., Chevalier, N., Nelson, J.M., Wiebe, S.A. and Espy, K.A. (2013) Charting Early Trajectories of Executive Control with the Shape School. *Developmental Psychology*, **49**, 1481-1493. <https://doi.org/10.1037/a0030578>
- [12] 焦小燕, 盖笑松, 郭璇. 学前儿童抑制控制的发展趋势及其对言语理解和数学认知的预测作用[J]. 心理科学, 2017, 40(2): 373-379.
- [13] 张乾一, 文萍. 3 岁幼儿抑制和工作记忆的可分离性研究[J]. 心理发展与教育, 2013, 29(3): 238-246.
- [14] 李驰宇. 3-6 岁幼儿空间智能与场认知风格、空间工作记忆的关系[D]: [硕士学位论文]. 济南: 山东师范大学, 2020.
- [15] 尹会芳, 魏威. 中班幼儿执行功能对不同模式认知能力的影响[J]. 早期教育, 2024(4): 34-40.
- [16] Best, J.R. and Miller, P.H. (2010) A Developmental Perspective on Executive Function. *Child Development*, **81**, 1641-1660. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8624.2010.01499.x>
- [17] 王静梅, 张义宾, 郑晨焯. 3~6 岁儿童执行功能子成分发展的研究[J]. 心理发展与教育, 2019, 35(1): 1-10.
- [18] Boelema, S.R., Keh, Z.H., Ormel, J., Hartman, C.A., et al. (2014) Executive Functioning Shows Differential Maturation

- from Early to Late Adolescence: Longitudinal Findings from a TRAILS Study. *Journal of the International Neuropsychological Society*, **20**, 848-858.
- [19] Gathercole, S.E., Pickering, S.J., Ambridge, B. and Wearing, H. (2004) The Structure of Working Memory from 4 to 15 Years of Age. *Developmental Psychology*, **40**, 177-190. <https://doi.org/10.1037/0012-1649.40.2.177>
- [20] Carlson, S.M. and Moses, L.J. (2001) Individual Differences in Inhibitory Control and Children's Theory of Mind. *Child Development*, **72**, 1032-1053. <https://doi.org/10.1111/1467-8624.00333>
- [21] Steinberg, L. (2008) Adolescence. McGraw-Hill.
- [22] Huizinga, M., Dolan, C.V. and van der Molen, M.W. (2006) Age-Related Change in Executive Function: Developmental Trends and a Latent Variable Analysis. *Neuropsychologia*, **44**, 2017-2036. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2006.01.010>
- [23] Wiebe, S.A., Espy, K.A. and Charak, D. (2008) Using Confirmatory Factor Analysis to Understand Executive Control in Preschool Children: I. Latent Structure. *Developmental Psychology*, **44**, 575-587. <https://doi.org/10.1037/0012-1649.44.2.575>
- [24] Fair, D.A., Dosenbach, N.U.F., Church, J.A., Cohen, A.L., Brahmbhatt, S., Miezin, F.M., et al. (2007) Development of Distinct Control Networks through Segregation and Integration. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, **104**, 13507-13512. <https://doi.org/10.1073/pnas.0705843104>
- [25] Durston, S., Davidson, M.C., Tottenham, N., Galvan, A., Spicer, J., Fossella, J.A., et al. (2005) A Shift from Diffuse to Focal Cortical Activity with Development. *Developmental Science*, **9**, 1-8. <https://doi.org/10.1111/j.1467-7687.2005.00454.x>
- [26] Colom, R., Burgaleta, M., Román, F.J., Karama, S., Álvarez-Linera, J., Abad, F.J., et al. (2013) Neuroanatomic Overlap between Intelligence and Cognitive Factors: Morphometry Methods Provide Support for the Key Role of the Frontal Lobes. *NeuroImage*, **72**, 143-152. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2013.01.032>
- [27] Williams, P.G., Suchy, Y. and Rau, H.K. (2009) Individual Differences in Executive Functioning: Implications for Stress Regulation. *Annals of Behavioral Medicine*, **37**, 126-140. <https://doi.org/10.1007/s12160-009-9100-0>
- [28] Nikolova, M. and Bull, R. (2022) Executive Functions, Math Anxiety and Math Performance in Middle School Students. *British Journal of Developmental Psychology*, **40**, 421-438.
- [29] Peng, P., Congying, S., Beilei, L. and Sha, T. (2012) Phonological Storage and Executive Function Deficits in Children with Mathematics Difficulties. *Journal of Experimental Child Psychology*, **112**, 452-466. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2012.04.004>
- [30] Ciuhan, G.C. and Ilescu, D. (2021) Depression and Learning Problems in Children: Executive Function Impairments and Inattention as Mediators. *Acta Psychologica*, **220**, Article 103420. <https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2021.103420>
- [31] 韩燕, 徐芬. 儿童青少年时期加工速度和执行功能在流体智力发展中的作用[J]. 心理发展与教育, 2020, 36(4): 394-405.
- [32] 马磊磊, 王延培, 陶沙. 学习阅读增加左侧额中回体积及其与突显网络的连接强度促进学龄儿童认知灵活性的发展[C]//中国心理学会. 第二十四届全国心理学学术会议摘要集. 北京: 北京师范大学认知神经科学与学习国家重点实验室, 2022, 496-498.
- [33] D'Mello, A.M. and Gabrieli, J.D.E. (2018) Cognitive Neuroscience of Dyslexia. *Language, Speech, and Hearing Services in Schools*, **49**, 798-809. https://doi.org/10.1044/2018_lshss-dyslc-18-0020
- [34] Ullman, M.T. and Pullman, M.Y. (2015) A Compensatory Role for Declarative Memory in Neurodevelopmental Disorders. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, **51**, 205-222. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2015.01.008>
- [35] Ullman, M.T., Earle, F.S., Walenski, M. and Janacek, K. (2020) The Neurocognition of Developmental Disorders of Language. *Annual Review of Psychology*, **71**, 389-417. <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-122216-011555>
- [36] Perdue, M.V., Mahaffy, K., Vlahcevic, K., Wolfman, E., Erbeli, F., Richlan, F., et al. (2022) Reading Intervention and Neuroplasticity: A Systematic Review and Meta-Analysis of Brain Changes Associated with Reading Intervention. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, **132**, 465-494. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2021.11.011>
- [37] Nelson, J.M., Choi, H., Clark, C.A.C., James, T.D., Fang, H., Wiebe, S.A., et al. (2015) Sociodemographic Risk and Early Environmental Factors That Contribute to Resilience in Executive Control: A Factor Mixture Model of 3-Year-Olds. *Child Neuropsychology*, **21**, 354-378. <https://doi.org/10.1080/09297049.2014.910300>
- [38] Alston-Abel, N.L. and Berninger, V.W. (2018) Relationships between Home Literacy Practices and School Achievement: Implications for Consultation and Home-School Collaboration. *Journal of Educational and Psychological Consultation*, **28**, 164-189. <https://doi.org/10.1080/10474412.2017.1323222>
- [39] Dong, M.C., Li, Y.W. and Zhang, Y. (2023) The Effect of Mindfulness Training on Executive Function in Youth with Depression. *Acta Psychologica*, **235**, Article 103888. <https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2023.103888>

-
- [40] Hillman, C.H., Pontifex, M.B., Raine, L.B., Castelli, D.M., Hall, E.E. and Kramer, A.F. (2009) The Effect of Acute Treadmill Walking on Cognitive Control and Academic Achievement in Preadolescent Children. *Neuroscience*, **159**, 1044-1054. <https://doi.org/10.1016/j.neuroscience.2009.01.057>
- [41] 盖笑松, 许洁, 闫艳 等. 体感游戏促进儿童的执行功能: 运动强度和认知参与的作用[J]. 心理学报, 2021, 53(5): 505-514.
- [42] Chaddock, L., Erickson, K.I., Prakash, R.S., Kim, J.S., Voss, M.W., Van Patter, M., *et al.* (2010) A Neuroimaging Investigation of the Association between Aerobic Fitness, Hippocampal Volume, and Memory Performance in Preadolescent Children. *Brain Research*, **1358**, 172-183. <https://doi.org/10.1016/j.brainres.2010.08.049>
- [43] Benzing, V. and Schmidt, M. (2019) The Effect of Exergaming on Executive Functions in Children with ADHD: A Randomized Clinical Trial. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, **29**, 1243-1253. <https://doi.org/10.1111/sms.13446>
- [44] Adcock, M., Fankhauser, M., Post, J., Lutz, K., Zizlsperger, L., Luft, A.R., *et al.* (2020) Effects of an In-Home Multi-component Exergame Training on Physical Functions, Cognition, and Brain Volume of Older Adults: A Randomized Controlled Trial. *Frontiers in Medicine*, **6**, Article 321. <https://doi.org/10.3389/fmed.2019.00321>
- [45] Kassai, R., Futo, J., Demetrovics, Z. and Takacs, Z.K. (2019) A Meta-Analysis of the Experimental Evidence on the Near- and Far-Transfer Effects among Children's Executive Function Skills. *Psychological Bulletin*, **145**, 165-188. <https://doi.org/10.1037/bul0000180>
- [46] Bodrova, E. and Leong, D.J. (2018) Tools of the Mind: A Vygotskian Early Childhood Curriculum. In: *Springer International Handbooks of Education*, Springer, 1095-1111. https://doi.org/10.1007/978-94-024-0927-7_56