DOI: 10.16835/j.cnki.1000-9817.2025113

· 健康教育与健康促进 ·

重庆市某区小学生一次性塑料食品容器使用与执行功能的关联

王文诃, 吴丹, 刘舒丹, 叶思言, 崔铖朋, 刘琴

重庆医科大学公共卫生学院环境与人群健康研究中心, 重庆 400016

【摘要】 目的 探讨一次性塑料食品容器使用对小学生执行功能的影响, 为制定相关健康政策提供依据。**方法** 2023 年 11 月至 2024 年 5 月, 采用方便抽样方法从重庆市某主城区 3 所小学抽取 1 118 名一至三年级小学生进行调查。通过自编问卷收集一般人口学特征及一次性塑料食品容器使用情况, 采用儿童执行功能量表(CHEXI)评估小学生执行功能, 并通过多因素线性回归分析小学生一次性塑料食品容器接触及加热情况与执行功能的关联。**结果** 小学生工作记忆、抑制力及执行功能总分分别为 32(26,39), 33(28,38), 66(54,75)分。多因素线性回归分析显示, 使用塑料饭盒吃饭频率越高的女生 CHEXI 工作记忆得分(β=1.29)、抑制力得分(β=1.57)、执行功能总分(β=2.85)越高; 与未使用塑料杯或饮用桶装水的女生相比, 使用塑料杯喝水或饮用桶装水的女生工作记忆得分(β=2.63)、抑制力得分(β=2.10)、执行功能总分(β=4.73)更高; 与未吃金属易拉罐食品的女生相比, 吃金属易拉罐食品的女生工作记忆得分(β=3.62)、抑制力得分(β=1.89)、执行功能总分(β=5.50)更高; 使用塑料饭盒吃饭频率越高的男生抑制力得分(β=1.13)越高(P 值均<0.05); 与使用塑料饭盒吃饭时且带饭盒时未加热的女生相比, 加热的女生工作记忆得分(β=5.39)、抑制力得分(β=4.29)、执行功能总分(β=9.68)更高(P 值均<0.05)。**结论** 一次性塑料食品容器的使用可能影响小学生执行功能, 在女生中更为明显。应加强对一次性塑料制品使用的监管, 提高公众健康意识。

【关键词】 塑料; 食品; 执行功能; 回归分析; 学生

【中图分类号】 R 179　Q 427　TG 174.48^{+2}　**【文献标识码】** A　**【文章编号】** 1000-9817(2025)06-0811-05

Relationship between the use of disposable plastic food containers and executive function among primary school students in a district of Chongqing/*WANG Wenhe, WU Dan, LIU Shudan, YE Siyan, CUI Chengpeng, LIU Qin. Research Center for Environment and Population Health, College of Public Health, Chongqing Medical University, Chongqing* (400016), *China*

【Abstract】 Objective To investigate the impact of disposable plastic food container usage on the executive function among primary school students, so as to provide the evidence for the formulation of relevant health policies. **Methods** From November 2023 to May 2024, a convenience sampling method was employed to select 1 118 grade 1-3 students from three primary schools in a central district of Chongqing. A self-developed questionnaire was used to collect demographic characteristics and data on disposable plastic food container usage. Executive function of primary school students was assessed using the Childhood Executive Functioning Inventory (CHEXI). Multivariate linear regression analysis was conducted to explore the associations between disposable plastic food container usage and heating with executive function among primary school students. **Results** Median scores for working memory, inhibition and total executive function among primary school students were 32 (26, 39), 33 (28, 38), and 66 (54, 75), respectively. Multivariate linear regression analysis showed that among girls, higher frequencies of eating meals from plastic lunchboxes were associated with higher CHEXI working memory scores (β=1.29), inhibition scores (β=1.57), and total executive function scores (β=2.85) (P<0.05). Compared to girls who did not use plastic cups or drank bottled water, those who used plastic cups for drinking or drank bottled water had higher scores in working memory (β=2.63), inhibition (β=2.10), and total executive function (β=4.73); compared to girls who did not eat canned food from metal cans, those who ate such food had higher scores in working memory (β=3.62), inhibition (β=1.89), and total executive function (β=5.50) (P<0.05). Among boys, higher frequencies of eating meals from plastic lunchboxes were associated with higher inhibition scores (β=1.13) (P<0.05). Compared to girls who ate with a plastic lunch box and did not heat it when they ate, girls who more frequent heating plastic lunchboxes with food inside had higher working memory scores (β=5.39), inhibition scores (β=4.29), and total executive function scores (β=9.68) (P<0.05). **Conclusions** The use of disposable plastic food containers may adversely affect executive function of primary school students, with a more pronounced effect observed in girls. Strengthened regulation of disposable plastic products and health education are urgently needed.

【Keywords】 Plastics; Food; Executive function; Regression analysis; Students

【基金项目】 重庆市博士后科学基金项目(CSTB2023NSCQ-BHX0061); 重庆市自然科学基金面上项目(CSTB2023NSCQ-MSX0133); 重庆医科大学未来医学青年创新团队发展支持计划项目(W0054)

【作者简介】 王文诃(1998-), 男, 新疆维吾尔自治区人, 在读硕士, 主要研究方向为环境因素与儿童健康。

【通信作者】 刘琴, E-mail: liuqin@cqmu.edu.cn

执行功能是一系列基于大脑的功能，包含工作记忆、抑制力、控制力、认知灵活性、规划能力和解决问题等能力，是高级认知功能的重要组成部分[1-4]，执行功能较好的儿童可以更好地执行计划和保持专注。研究表明，影响执行功能的因素主要分为生物因素、家庭社会环境和生活方式 3 个方面[5]。内分泌干扰物（endocrine disrupting chemicals，EDCs）是影响神经功能的一类重要物质，包括双酚类物质（bisphenols，BPs）、邻苯二甲酸盐、阻燃剂、全氟和多氟烷基化合物（polyfluoroalkyl substances，PFAS）等在内的多种 EDCs 均会对儿童的神经功能造成影响[6-7]。现实生活中 EDCs 往往是以混合物的形式暴露，可能产生有别于单一暴露的毒性[8]，且暴露情况会受到个人生活习惯的影响。一次性塑料食品容器中存在多种 EDCs，同时也是重要的日常暴露来源，加热又可能加速 EDCs 释放，从而对儿童的神经发育、执行功能等方面造成不良影响[9]。本文旨在通过分析与食品或饮品直接接触的多种重要的一次性塑料制品的接触及加热情况与小学一至三年级学生执行功能之间的关联，为改进学校餐饮管理和饮食健康教育提供科学依据。

1　对象与方法

1.1　对象　采用方便抽样方法，于 2023 年 11 月至 2024 年 5 月选取重庆市某主城区内 3 所小学一至三年级学生。剔除无效问卷后，共调查学生 1 118 名，其中男生 558 名，女生 560 名；平均年龄（7.80±0.84）岁。本研究通过重庆医科大学医学研究伦理委员会的伦理审查（批号：2023003），所有受试者及其父母在参与研究前均已提交知情同意书。

1.2　研究工具

1.2.1　自编问卷　采用自编问卷了解小学生一般情况及一次性塑料容器使用和加热情况。主要包括小学生出生日期、父母文化程度、家庭收入水平、出生孕周、出生时母亲年龄等一般人口学信息，以及近一个月小学生使用一次性塑料饭盒吃饭频率及加热情况、是否使用塑料包装饮用水及使用时温度、吃金属易拉罐食品频率及加热情况等。

1.2.2　儿童执行功能量表　采用儿童执行功能量表（Childhood Executive Functioning Inventory，CHEXI）向母亲调查小学生的执行功能，该问卷由 Thorell 等[10]编制，用于评估 4~12 岁儿童的执行功能，此量表包含 24 个条目，各条目采用 5 分制（1 代表“完全不正确”至 5 代表“完全正确”），包含工作记忆（含工作记忆副量表和计划力副量表，共 13 个条目）和抑制力（含调节力副量表和抑制力副量表，共 11 个条目）2 个维度；总分范围为 24~120 分，2 个维度得分范围分别为 13~65 和 11~55 分，分数越高代表对应能力越差。本研究中量表 Cronbach α 系数为 0.94。

1.3　质量控制　问卷调查由医学专业研究生负责实施，调查前对调查人员进行统一培训，确保其能熟练掌握调查目的、电子问卷的填写方法和注意事项。在电子问卷的设计过程中对重点概念进行高亮标记，对可能存在歧义的问题加备注说明，以避免被试对题目的理解偏差；对被试的回答设定合理取值，其中连续变量的回答规定符合逻辑的范围，对分类变量以单选形式作答，避免无效回答。问卷由调查人员核实身份后发给学生，并由学生回家后将问卷二维码交给学生父母进行线上填写。问卷作答结束后，对存在明显逻辑错误回答或随意作答的问卷，择机再次向被试发放问卷作答。由质控员在后期对电子问卷数据进行审核，以确保最终数据的准确性和完整性。

1.4　统计学分析　采用 SPSS 26.0 软件进行数据清洗、整理和统计分析。计数资料采用频数或百分率描述；计量资料由于分析涉及的变量不符合正态分布，故采用中位数 $M(P_{25}, P_{75})$ 描述，通过 Kruskal-Wallis、Mann-Whitney U 检验对不同人口学特征组小学生执行功能得分进行比较。以小学生执行功能得分作为因变量，以近一个月小学生使用塑料饭盒吃饭频率（从不=1，<1 次/周=2，1~3 次/周=3，4~6 次/周=4，每天=5）、是否使用塑料杯喝水或饮用桶装水（否=0，是=1）、是否吃金属易拉罐食品（否=0，是=1）、使用塑料饭盒吃饭时带饭盒加热频率（从不=1，偶尔=2，经常=3）、使用塑料杯喝水或饮用桶装水时温度（凉水=1，温水=2，热水=3）、吃金属易拉罐食品时带罐加热频率（从不=1，偶尔=2，经常=3）作为自变量；参考现有关于影响儿童执行功能因素的研究[11-18]，将小学生年龄、父母文化程度、家庭人均月收入、出生孕周、出生体重作为协变量纳入模型，进行单因素线性回归分析，将单因素分析中有统计学意义的自变量纳入多因素线性回归分析。由于在“使用塑料饭盒吃饭时带饭盒加热、使用塑料杯喝水或饮用桶装水时温度、吃金属易拉罐食品时带罐加热频率”这 3 个自变量中经常加热或热水为主的样本较少，故对 2 和 3 赋值进行合并，合并结果为“是否使用塑料饭盒吃饭时带饭盒加热（否=0，是=1）、是否使用塑料杯喝温/热水或饮用桶装温/热水（否=0，是=1）、是否吃金属易拉罐食品时带罐加热（否=0，是=1）”。检验水准 α=0.05。

2　结果

2.1　小学生执行功能得分情况　小学生执行功能工作记忆、抑制力得分及总分分别为 32（26，39），33（28，38），66（54，75）分。不同父亲文化程度、家庭人均月收入水平、性别的小学生执行功能各维度得分及

总分差异均有统计学意义，不同母亲文化程度的小学生工作记忆和执行功能总分差异均有统计学意义（P 值均<0.05）。见表 1。

2.2　接触一次性塑料食品容器与小学生执行功能的关系　多因素线性回归分析结果显示，男生使用塑料饭盒吃饭频率越高、抑制力得分越高（$\beta=1.13$）；女生使用塑料饭盒吃饭频率越高、执行功能得分越高（工作记忆：$\beta=1.29$；抑制力：$\beta=1.57$；总分：$\beta=2.85$），使用塑料杯喝水或饮用桶装水的女生执行功能得分更高（工作记忆：$\beta=2.63$；抑制力：$\beta=2.10$；总分：$\beta=4.73$），吃金属易拉罐食品的女生执行功能得分更高（工作记忆：$\beta=3.62$；抑制力：$\beta=1.89$；总分：$\beta=5.50$）（P 值均<0.05）。见表 2。

表 1　不同组别小学生执行功能量表得分比较

Table 1　Comparison of CHEXI scores among primary school students with different groups

组别	选项	人数	工作记忆		抑制力		总分	
			$M(P_{25},P_{75})$	H/Z 值	$M(P_{25},P_{75})$	H/Z 值	$M(P_{25},P_{75})$	H/Z 值
父亲文化程度	初中及以下	187	35(27,41)	23.89**	35(30,40)	9.47**	70(59,79)	19.14**
	高中或中专	287	33(27,39)		33(29,38)		67(55,75)	
	大专及以上	644	31(25,38)		33(27,38)		65(52,74)	
母亲文化程度	初中及以下	165	35(29,39)	23.03**	34(29,40)	5.70	70(57,79)	16.52**
	高中或中专	297	33(26,39)		33(29,39)		68(55,76)	
	大专及以上	656	31(25,37)		33(28,37)		64(53,74)	
家庭人均月收入水平/元[a]	<4 000	182	35(28,39)	22.94**	34(30,40)	14.84**	70(59,78)	21.93**
	4 000~6 000	195	33(27,39)		33(29,39)		66(57,77)	
	>6 000~8 000	194	33(26,39)		35(30,39)		68(56,77)	
	>8 000~10 000	192	31(25,37)		32(28,37)		65(54,73)	
	>10 000	284	30(24,38)		33(27,37)		64(52,73)	
学校	学校 1	206	32(26,39)	1.63	33(28,37)	0.97	66(53,74)	1.85
	学校 2	652	32(26,39)		33(28,38)		66(55,75)	
	学校 3	260	33(27,39)		34(29,39)		68(55,77)	
性别	男	558	33(26,39)	−3.67**	34(29,39)	−3.91**	68(56,77)	−4.10**
	女	560	31(25,37)		33(27,37)		64(52,74)	

注：[a] 表示存在缺失值；** P<0.01。

表 2　小学生一次性塑料食品容器接触与执行功能得分的线性回归分析[β 值(95%CI)]

Table 2　Linear regression analysis of disposable plastic food container usage and CHEXI scores among primary school students [β(95%CI)]

因变量	自变量	男生(n=558)		女生(n=560)	
		单因素	多因素	单因素	多因素
工作记忆	使用塑料饭盒吃饭频率	0.78(−0.32~1.87)	—	1.26(0.24~2.29)*	1.29(0.15~2.43)*
	是否使用塑料杯喝水或饮用桶装水	1.46(−0.16~3.07)	—	2.47(0.95~3.99)**	2.63(1.13~4.13)**
	是否吃金属易拉罐食品	−0.93(−2.60~0.74)	—	3.57(1.95~5.19)**	3.62(2.02~5.21)**
抑制力	使用塑料饭盒吃饭频率	1.03(0.13~1.93)*	1.13(0.14~2.12)*	1.34(0.50~2.17)**	1.57(0.63~2.50)**
	是否使用塑料杯喝水或饮用桶装水	1.01(−0.32~2.35)	—	1.98(0.78~3.22)**	2.10(0.85~3.35)**
	是否吃金属易拉罐食品	−0.43(−1.81~0.94)	—	1.94(0.61~3.28)**	1.89(0.55~3.23)**
CHEXI 总分	使用塑料饭盒吃饭频率	1.80(−0.07~3.68)	—	2.60(0.84~4.36)**	2.85(0.89~4.82)**
	是否使用塑料杯喝水或饮用桶装水	2.47(−0.31~5.25)	—	4.44(1.84~7.05)**	4.73(2.13~7.33)**
	是否吃金属易拉罐食品	−1.37(−4.23~1.50)	—	5.51(2.71~8.30)**	5.50(2.73~8.27)**

注：多因素分析调整小学生年龄、父母文化程度、家庭人均月收入、出生孕周、出生体重等协变量；* P<0.05，** P<0.01。

2.3　加热一次性塑料食品容器与小学生执行功能的关系　多因素线性回归分析结果显示，使用塑料饭盒吃饭时带饭盒加热的女生执行功能得分更高（工作记忆：$\beta=5.39$；抑制力：$\beta=4.29$；总分：$\beta=9.68$）（P 值均<0.05）。见表 3。

表 3　小学生一次性塑料食品容器的加热行为与 CHEXI 得分的线性回归分析[β 值(95%CI)]

Table 3　Linear regression analysis of the behaviors of heating disposable plastic food containers and CHEXI scores among primary school students[β(95%CI)]

因变量	自变量	男生(n=558)			女生(n=560)		
		人数	单因素	多因素	人数	单因素	多因素
工作记忆	是否使用塑料饭盒吃饭时带饭盒加热	240	1.26(−1.32~3.83)	—	219	5.61(3.04~8.18)**	5.39(2.69~8.10)**
	是否使用塑料杯喝温/热水或饮用桶装温/热水	312	1.21(−1.11~3.52)	—	311	2.33(0.12~4.54)*	1.90(−0.28~4.09)
	是否吃金属易拉罐食品时带罐加热	205	0.80(−2.16~3.76)	—	174	2.87(−0.27~6.01)	—
抑制力	是否使用塑料饭盒吃饭时带饭盒加热	240	0.98(−1.15~3.11)	—	219	4.53(2.45~6.61)**	4.29(2.07~6.50)**
	是否使用塑料杯喝温/热水或饮用桶装温/热水	312	0.00(−1.89~1.89)	—	311	0.63(−1.14~2.40)	—
	是否吃金属易拉罐食品时带罐加热	205	−0.55(−2.97~1.86)	—	174	−0.35(−2.74~2.03)	—
CHEXI 总分	是否使用塑料饭盒吃饭时带饭盒加热	240	2.24(−2.18~6.65)	—	219	10.13(5.77~14.50)**	9.68(5.04~14.31)**
	是否使用塑料杯喝温/热水或饮用桶装温/热水	312	1.20(−2.76~5.17)	—	311	2.96(−0.83~6.75)	—
	是否吃金属易拉罐食品时带罐加热	205	0.25(−4.86~5.35)	—	114	2.52(−2.72~7.77)	—

注：多因素分析调整小学生年龄、父母文化程度、家庭人均月收入、出生孕周、出生体重等协变量；* P<0.05，** P<0.01。

3 讨论

随着外卖行业的发展,用于食品盛放的一次性塑料制品已成为重要的 EDCs 混合暴露来源,其中包含的多种物质对儿童的执行功能和行为造成不良影响[19-23]。2021 年一项 Meta 分析表明,执行功能和小学生的数学、阅读、语言等学习能力高度相关[24],研究影响儿童执行功能的风险因素具有重要的现实意义。

由于生理特性,同年龄的男、女童在智力、认知、执行能力等方面存在差异[18]。本研究中的男、女生对危险物质的易感性有所不同,其中女生使用多种一次性塑料食品容器与更差的执行功能有关;而男生中仅发现使用塑料饭盒吃饭频率与抑制力更差有关,且以上结果在调整协变量后仍有影响。一次性塑料制品中的 EDCs 与儿童认知、执行功能关系的研究亦表明其中存在性别差异[21-22,25-26],且相关动物和人群研究表明以上物质可以导致神经行为学改变[19,27-30]。

进一步分析发现,加热一次性塑料饭盒可能与女生更差的执行功能有关。一次性塑料饭盒相较于其他容器更多用于富含油脂的食物,而盛放油脂等有机物的塑料包装更易将危险物质释放[31],加热可能加速有害物质的析出,从而危害女生执行功能[32]。金属易拉罐的加热不仅可能引起塑料内衬中物质的释放,还可能释放部分金属元素,而部分金属可能对认知、执行功能具有保护作用。在一项巴西的研究中发现锰含量与儿童的执行、认知功能呈正相关[33],而多数重金属的暴露会对认知、执行功能造成危害[34-35];另外,金属易拉罐塑料内衬使用的材料种类不同也可能导致不同的结果。

本研究存在一定的局限:首先,本研究中的人群样本接触的一次性塑料食品包装类型和比例可能不同,未来研究应增加儿童暴露代谢物的检测,以明确暴露情况与吸收代谢结局之间的关系;其次,研究采用横断面设计,无法明确因果关系,未来可通过队列研究进一步探讨;最后,研究选取重庆市某区 3 所小学一至三年级学生,样本在地区和年龄上的代表性有限;未来研究可扩大采样范围,包括不同地区及年龄段的儿童,以提高结果的推广性。

利益冲突声明 所有作者声明无利益冲突。

参考文献

[1] BERNIER A, CARLSON S M, WHIPPLE N. From external regulation to self-regulation: early parenting precursors of young children's executive functioning[J]. Child Dev, 2010, 81(1): 326-339.

[2] DIAMOND A. Executive functions[J]. Annu Rev Psychol, 2013, 64(2013): 135-168.

[3] GARON N, BRYSON S E, SMITH I M. Executive function in preschoolers: a review using an integrative framework[J]. Psychol Bull, 2008, 134(1): 31-60.

[4] HUGHES C. Executive functions and development: why the interest? [J]. Infant Child Dev, 2002, 11(2): 69-71.

[5] 李勇,尹小俭,吴慧攀,等.青少年执行功能发展的影响因素研究[J].中国学校卫生,2024,45(3):437-442.
LI Y, YIN X J, WU H P, et al. Factors influencing the development of executive function in adolescents[J]. Chin J Sch Health, 2024, 45(3): 437-442. (in Chinese)

[6] SYMEONIDES C, AROMATARIS E, MULDERS Y, et al. An umbrella review of Meta-analyses evaluating associations between human health and exposure to major classes of plastic-associated chemicals[J]. Ann Glob Health, 2024, 90(1): 52.

[7] 杨帆.孕期母体双酚 A 暴露及妊娠相关焦虑致学龄前儿童执行功能损伤的队列研究[D].合肥:安徽医科大学,2021.
YANG F. A cohort study of maternal bisphenol A exposure and pregnancy-related anxiety induced executive function impairment in preschoolers[D]. Hefei: Anhui Medical University, 2021. (in Chinese)

[8] ESCHER B I, STAPLETON H M, SCHYMANSKI E L. Tracking complex mixtures of chemicals in our changing environment[J]. Science, 2020, 367(6476): 388-392.

[9] WANG X, XU M, YANG A, et al. Health risks of population exposure to phthalic acid esters through the use of plastic containers for takeaway food in China[J]. Sci Total Environ, 2021, 785: 147347.

[10] THORELL L B, NYBERG L. The Childhood Executive Functioning Inventory (CHEXI): a new rating instrument for parents and teachers [J]. Dev Neuropsychol, 2008, 33(4): 536-552.

[11] BLASCO P M, ACAR S, GUY S M, et al. Executive function and preterm birth: a longitudinal study[J]. Early Hum Dev, 2024, 192: 105996.

[12] WADE M, BROWNE D T, MADIGAN S, et al. Normal birth weight variation and children's neuropsychological functioning: links between language, executive functioning, and theory of mind[J]. J Int Neuropsychol Soc, 2014, 20(9): 909-919.

[13] SARSOUR K, SHERIDAN M, JUTTE D, et al. Family socioeconomic status and child executive functions: the roles of language, home environment, and single parenthood[J]. J Int Neuropsychol Soc, 2011, 17(1): 120-132.

[14] SEJER E P F, BRUUN F J, SLAVENSKY J A, et al. Impact of gestational age on child intelligence, attention and executive function at age 5: a cohort study[J]. BMJ Open, 2019, 9(9): e028982.

[15] VAN HOUDT C A, OOSTERLAAN J, VAN WASSENAER-LEEMHUIS A G, et al. Executive function deficits in children born preterm or at low birthweight: a Meta-analysis[J]. Dev Med Child Neurol, 2019, 61(9): 1015-1024.

[16] ARDILA A, ROSSELLI M, MATUTE E, et al. The influence of the parents' educational level on the development of executive functions [J]. Dev Neuropsychol, 2005, 28(1): 539-560.

[17] MORALES S, BOWERS M E, SHUFFREY L, et al. Maternal education prospectively predicts child neurocognitive function: an environmental influences on child health outcomes study[J]. Dev Psychol, 2024, 60(6): 1028-1040.

[18] MOUS S E, SCHOEMAKER N K, BLANKEN L M E, et al. The association of gender, age, and intelligence with neuropsychological functioning in young typically developing children: the generation R study [J]. Appl Neuropsychol Child, 2017, 6(1): 22-40.

[19] KICINSKI M, VIAENE M K, DEN HOND E, et al. Neurobehavioral function and low-level exposure to brominated flame retardants in ado-

lescents: a cross-sectional study[J]. Environ Health, 2012, 11(1): 86.

[20] HARRIS M H, OKEN E, RIFAS-SHIMAN S L, et al. Prenatal and childhood exposure to per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS) and child executive function and behavioral problems[J]. Environ Res, 2021, 202: 111621.

[21] ENGLAND-MASON G, LIU J, MARTIN J W, et al. Postnatal BPA is associated with increasing executive function difficulties in preschool children[J]. Pediatr Res, 2021, 89(3): 686-693.

[22] VUONG A M, YOLTON K, WEBSTER G M, et al. Prenatal polybrominated diphenyl ether and perfluoroalkyl substance exposures and executive function in school-age children[J]. Environ Res, 2016, 147: 556-564.

[23] CHOI G, VILLANGER G D, DROVER S S M, et al. Prenatal phthalate exposures and executive function in preschool children[J]. Environ Int, 2021, 149: 106403.

[24] SPIEGEL J A, GOODRICH J M, MORRIS B M, et al. Relations between executive functions and academic outcomes in elementary school children: a Meta-analysis[J]. Psychol Bull, 2021, 147(4): 329-351.

[25] KIM J I, LEE Y A, SHIN C H, et al. Association of bisphenol A, bisphenol F, and bisphenol S with ADHD symptoms in children[J]. Environ Int, 2022, 161: 107093.

[26] BORNEHAG C G, ENGDAHL E, UNENGE H M, et al. Prenatal exposure to bisphenols and cognitive function in children at 7 years of age in the Swedish SELMA study[J]. Environ Int, 2021, 150: 106433.

[27] WU D, WU F, LIN R, et al. Impairment of learning and memory induced by perinatal exposure to BPA is associated with ERα-mediated alterations of synaptic plasticity and PKC/ERK/CREB signaling pathway in offspring rats[J]. Brain Res Bull, 2020, 161: 43-54.

[28] NADERI M, SALAHINEJAD A, ATTARAN A, et al. Chronic exposure to environmentally relevant concentrations of bisphenol S differentially affects cognitive behaviors in adult female zebrafish[J]. Environ Pollut, 2020, 261: 114060.

[29] TIWARI S, PHOOLMALA, GOYAL S, et al. Bisphenol-F and bisphenol-S (BPF and BPS) impair the stemness of neural stem cells and neuronal fate decision in the hippocampus leading to cognitive dysfunctions[J]. Mol Neurobiol, 2024, 61(11): 9347-9368.

[30] LUCACCIONI L, TREVISANI V, PASSINI E, et al. Perinatal exposure to phthalates: from endocrine to neurodevelopment effects[J]. Int J Mol Sci, 2021, 22(8): 4063.

[31] STEVENS S, BARTOSOVA Z, VÖLKER J, et al. Migration of endocrine and metabolism disrupting chemicals from plastic food packaging[J]. Environ Int, 2024, 189: 108791.

[32] 刘忠瑞, 孙立文, 李洋洋, 等. 塑料食品包装材料中双酚 A 的迁移量检测[J]. 食品安全质量检测学报, 2018, 9(10): 2350-2355.
LIU Z R, SUN L W, LI Y Y, et al. Determination of migration quantity of bisphenol A from plastic packaging materials of food[J]. J Food Saf Qual, 2018, 9(10): 2350-2355. (in Chinese)

[33] HONG S, WU S, WAN Z, et al. Associations between multiple metals exposure and cognitive function in the middle-aged and older adults from China: a cross-sectional study[J]. Environ Res, 2024, 263: 120038.

[34] CARVALHO C F, SANTOS-LIMA C, SOUZA-MARQUES B, et al. Executive functions in school-aged children exposed to airborne manganese: a multilevel analysis[J]. Environ Res, 2022, 210: 112940.

[35] SOETRISNO F N, DELGADO-SABORIT J M. Chronic exposure to heavy metals from informal E-waste recycling plants and children's attention, executive function and academic performance[J]. Sci Total Environ, 2020, 717: 137099.

收稿日期: 2025-01-14　**修回日期**: 2025-02-20　**本文编辑**: 汤建军

(上接第 810 页)

[28] NAGPAL T S, GOLDFIELD G S, DA SILVA D F, et al. The effects of intervening with physical activity in the early years (ages 3-5) on health-related quality of life: a secondary analysis of the Activity Begins in Childhood (ABC) trial[J]. Qual Life Res, 2021, 30: 221-227.

[29] PUDER J J, MARQUES-VIDAL P, SCHINDLER C, et al. Effect of multidimensional lifestyle intervention on fitness and adiposity in predominantly migrant preschool children (Ballabeina): cluster randomised controlled trial[J]. BMJ, 2011, 343: d6195.

[30] RESALAND G K, AADLAND E, MOE V F, et al. Effects of a physical activity intervention on schoolchildren's health-related quality of life: the active smarter kids (ASK) cluster-randomized controlled trial[J]. Prev Med Rep, 2019, 13: 1-4.

[31] TRUELOVE S, JOHNSON A M, VANDERLOO L M, et al. Preschoolers' health-related quality of life following the implementation of a childcare physical activity intervention[J]. Appl Physiol Nutr Metab, 2018, 43(5): 453-459.

[32] ANDERMO S, HELLÉNIUS M L, LIDIN M, et al. Effectiveness of a family intervention on health-related quality of life: a healthy generation, a controlled pilot trial[J]. BMC Public Health, 2020, 20(1): 809.

[33] CONTARDO AYALA A M, PARKER K, MAZZOLI E, et al. Effectiveness of intervention strategies to increase adolescents' physical activity and reduce sedentary time in secondary school settings, including factors related to implementation: a systematic review and Meta-analysis[J]. Sports Med Open, 2024, 10(1): 25.

[34] DOBBINS M, HUSSON H, DECORBY K, et al. School-based physical activity programs for promoting physical activity and fitness in children and adolescents aged 6 to 18[J]. Cochrane Database Syst Rev, 2013 (2): CD007651.

[35] LUBANS D, RICHARDS J, HILLMAN C, et al. Physical activity for cognitive and mental health in youth: a systematic review of mechanisms[J]. Pediatrics, 2016, 138(3): e20161642.

[36] 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[J]. Chin J Rehabil Theory Pract, 2020, 26(9): 1071-1075. (in Chinese)

[37] ZHENG M, RANGAN A, OLSEN N J, et al. Longitudinal association of nighttime sleep duration with emotional and behavioral problems in early childhood: results from the Danish Healthy Start Study[J]. Sleep, 2021, 44(1): zsaa138.

[38] CHAUHAN S, NORBURY R, FAβBENDER K C, et al. Beyond sleep: a multidimensional model of chronotype[J]. Neurosci Biobehav Rev, 2023, 148: 105114.

收稿日期: 2025-03-20　**修回日期**: 2025-04-15　**本文编辑**: 孙曼莉