DOI: 10.16835/j.cnki.1000-9817.2025156

· 生长发育与健康监测 ·

中国中学生体重调整腰围指数与心肺耐力的关系

孟家森[1], 尹小俭[2], 毕存箭[3], 郭亚茹[2], 胡燕燕[2]

1.上海市南洋模范中学, 200030; 2.华东师范大学体育与健康学院; 3.池州学院体育学院

【摘要】 **目的**　了解中学生体重调整腰围指数(WWI)与心肺耐力之间的关联, 为青少年心肺耐力水平的提高提供参考和借鉴。**方法**　2015 年 6 月—2018 年 12 月采用立意抽样的方法, 分别在中国东北、华北、华东、中南、西南、西北地区对 44 870名 13~18 岁中学生进行身高、体重、腰围、20 m 往返跑的测试, 计算 WWI 和间接计算最大摄氧量(VO_{2max})。采用 *t* 检验、单因素方差分析的方法进行单因素分析, 采用曲线回归分析的方法进行 WWI 与 VO_{2max} 关系的分析。**结果**　中国 13~18 岁中学生 WWI 为(9.35±1.02), 20 m 往返跑次数为(38.89±18.14)次, VO_{2max} 为(39.96±5.88) mL/(kg·min^{-1})。13~18 岁各年龄段男生 WWI 四分位数组间 VO_{2max} 比较, 差异均有统计学意义(*F* 值分别为 15.19, 9.00, 14.97, 20.48, 28.13, 10.13, *P* 值均<0.01); 女生有相同趋势(*F* 值分别为 23.36, 16.61, 33.45, 32.96, 18.23, 19.36, *P* 值均<0.01)。WWI 与心肺耐力呈倒 U 型曲线关系, 当 WWI 为 8.5 时, VO_{2max} 水平达到最高, 为 40.07 mL/(kg·min^{-1})。与女生相比, 男生 WWI 对心肺耐力的影响更为显著。**结论**　有效控制中学生 WWI 适宜水平可能更好地促进心肺耐力的提高。

【关键词】 体重调整腰围指数; 心脏; 肺; 回归分析; 学生

【中图分类号】 R 179　Q 983$^{+.23}$　R 331.3^{+1}　R 816.41　【文献标识码】 A　【文章编号】 1000-9817(2025)05-0699-05

Relationship between weight-adjusted-waist index and cardiopulmonary endurance in Chinese middle school students/ *MENG Jiasen**, *YIN Xiaojian*, *BI Cunjian*, *GUO Yaru*, *HU Yanyan*.* *Shanghai Nanyang Model Middle School, Shanghai* (200030), *China*

【**Abstract**】 **Objective**　To understand the association between weight-adjusted-waist index (WWI) and cardiopulmonary endurance among middle school students, so as to provide references for the improvement of cardiopulmonary endurance levels in adolescents. **Methods**　From June 2015 to December 2018 by using the method of purposive sampling, height, weight, waist circumference, and 20 m shuttle-run tests were measured among 44 870 adolescents aged 13-18 from Northeast, North, East, South, Southwest and Northwest of China. The WWI of the adolescents and the maximum oxygen uptake (VO_{2max}) were calculated indirectly. The *t*-test and one-way analysis of variance were used for comparison, and the curve regression analysis method was adopted to analyze the relationship between WWI and VO_{2max}. **Results**　For Chinese middle school students aged 13-18, the WWI was (9.35±1.02), the number of 20 m shuttle-run was (38.89±18.14) times, and VO_{2max} was (39.96±5.88) mL/(kg · min^{-1}). The differences of VO_{2max} between WWI quartile arrays of boys aged 13-18 were statistically significant (*F* = 15.19, 9.00, 14.97, 20.48, 28.13, 10.13, *P*<0.01), girls had the same trend (*F* = 23.36, 16.61, 33.45, 32.96, 18.23, 19.36, *P*<0.01). There was an inverted U-shaped curve relationship between WWI and cardiopulmonary endurance. When WWI was 8.5, the VO_{2max} level reached the highest, which was 40.07 mL/(kg · min^{-1}). Compared with girls, WWI in boys had a more significant impact on cardiopulmonary endurance. **Conclusion**　Maintaining optimal WWI levels may enhance adolescents' cardiopulmonary endurance.

【**Keywords**】 Weight-adjusted waist index; Heart; Lung; Regression analysis; Students

心肺耐力作为青少年体质健康的核心要素, 对身心健康发展具有重要意义[1-2]。然而, 当前我国青少年视屏和轻体力活动行为时间不断延长, 锻炼时间减少, 体力活动水平下降, 导致超重肥胖问题突出, 使青少年心肺耐力水平呈现总体下降趋势[3-4]。研究显示, 与 1985 年相比, 我国青少年心肺耐力依然处于较低水平[5]。青少年心肺耐力水平与肥胖度、体脂率、腰围等指标存在密切关联[6]。李明等[7]研究显示, 中国汉族青少年的体质量指数(body mass index, BMI)与反映心肺耐力的 20 m 往返跑成绩呈倒"J"形关联。还有研究发现, 青少年超重肥胖的发生与心肺耐力呈负相关, 提示有效控制超重肥胖的发生是提高青少年心肺耐力水平的重要手段[8]。体重调整腰围指数(weight-adjusted-waist index, WWI)是一种反映身体脂

【基金项目】 国家自然科学基金资助项目(82373595); 教育部人文社会科学青年项目(23YJC890002)

【作者简介】 孟家森(1969-), 男, 安徽马鞍山人, 中学高级教师, 主要研究方向为校园篮球训练与管理。

【通信作者】 尹小俭, E-mail: xjyin1965@163.com

肪分布状况的新型指标,与传统 BMI 和腰围相比,WWI 能更准确地预测心血管疾病和全因死亡率,可能因为 WWI 通过将腰围与体重进行标准化,不仅考虑了腹部脂肪的分布,还能间接反映肌肉量的变化,从而更全面地评估肥胖程度和身体成分[9-11]。为此,本研究对中国44 870名 13~18 岁中学生进行调查,分析 WWI 与心肺耐力之间的关联,旨在为中国青少年心肺耐力水平的提高提供参考和借鉴。

1 对象与方法

1.1 对象 2015 年 6 月—2018 年 12 月,采用立意抽样的方法,分别在我国东北、华北、华东、中南、西南、西北地区作为抽样区域,在每个地区 13~18 岁中学生中,采用随机个案法从每个年龄段随机抽取 120 名男生和女生,共计对 44 870 名。其中男生 22 338 名,女生 22 532 名;平均年龄(15.52±1.67)岁。本研究测试前获得参与者及父母的知情同意,且本研究获得华东师范大学伦理学委员会的审批(HR006-2019)。

1.2 方法 身高、体重和腰围依据全国学生体质健康调研要求的仪器和方法进行测量[12],要求学生穿着轻薄的衣物,身高和腰围测试结果精确到 0.1 cm,体重精确到 0.1 kg。WWI 通过参与者的体重和腰围计算得出,WWI=腰围(cm)/体重(kg)。20 m 往返跑的测试在学校田径场进行。当受试者听到蜂鸣声后起跑,跑至距离 20 m 的对面端线,当再次听到蜂鸣声后再跑至对面端线,反复进行。每跑一次 20 m 的距离后记录为 1 次(laps)[13]。当受试者连续 2 次未能在蜂鸣声提示后达到端线时即为测试结束,记录最后的 laps 为最终成绩。随后依据测试成绩计算 20 m 往返跑的等级和最高跑速,并通过公式计算参与者的最大摄氧量(maximal oxygen consumption, VO_{2max})[14-15]。VO_{2max} = 31.025+3.238×S−3.248×年龄+0.153 6×S×年龄。S = 8+0.5×测试者达到的最高等级,S 表示 20 m 往返跑最高跑速。测试者达到的最高等级依据最后的次数(laps)得出。1~7 laps 为水平 1,8~15 laps 为水平 2,16~23 laps 为水平 3;测试最高为 247 laps,为水平 21。

1.3 统计学分析 采用 SPSS 25.0 软件进行数据录入与分析。不同性别各项目的比较采用 t 检验。将 WWI 按照年龄和性别分层后,进行四分位数的划分,不同 WWI 四分位数组间 VO_{2max} 的比较采用单因素方差分析,多重比较采用 LSD 方法。

WWI 与 VO_{2max} 的关系采用曲线回归分析的方法进行。依据 VO_{2max} 在不同 WWI 组间呈现先升高后下降的趋势,提出 VO_{2max} 与 WWI 之间二次函数(WWI^2)关系的假设。为验证该假设是否成立,建立以 VO_{2max} 为因变量,以 WWI 为自变量的线性回归模型。检验水准为 P<0.05。

2 结果

2.1 中学生基本指标情况 男生在身高、体重、腰围、WWI、20 m 往返跑次数、20 m 往返跑等级、20 m 往返跑最高跑速、VO_{2max} 方面均高于女生,差异均有统计学意义(P 值均<0.01)。见表 1。

2.2 不同水平 WWI 中学生 VO_{2max} 比较 将 WWI 依据年龄和性别分层后进行四分位数的划分,结果显示,在 13~18 岁各年龄段,WWI 四分位数男生的 VO_{2max} 比较,差异均有统计学意义(P 值均<0.01)。女生方面,在 13~18 岁各年龄段,WWI 四分位数 VO_{2max} 比较,差异也均有统计学意义(P 值均<0.01)。见表 2。

表 1 不同性别中学生基本指标比较($\bar{x}\pm s$)

Table 1 Comparison of the basic indicators for middle school students in different gender($\bar{x}\pm s$)

性别	人数	年龄/岁	身高/cm	体重/kg	腰围/cm	WWI	20 m 往返跑次数/laps	20 m 往返跑等级	20 m 往返跑最高跑速/(km·h^{-1})	VO_{2max}/[mL·(kg·min^{-1})$^{-1}$]
男	22 338	15.45±1.67	170.95±8.44	60.64±12.89	72.63±10.56	9.39±1.06	46.31±19.66	5.87±2.02	10.94±1.01	42.25±5.90
女	22 532	15.60±1.67	161.55±6.11	52.09±8.70	66.80±7.96	9.30±0.97	31.54±12.77	4.35±1.41	10.18±0.70	37.69±4.89
合计	44 870	15.52±1.67	166.23±8.74	56.35±11.79	69.70±9.79	9.35±1.02	38.89±18.14	5.11±1.90	10.56±0.95	39.96±5.88
t 值		−9.05	135.19	82.40	66.11	9.49	94.48	92.75	92.75	89.03
P 值		<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01

表 2 不同 WWI 四分位数、不同性别中学生 VO_{2max} 比较($\bar{x}\pm s$)

Table 2 Comparison of VO_{2max} in the quartiles of WWI and gender among middle school students($\bar{x}\pm s$)

WWI	男生						女生					
	13 岁	14 岁	15 岁	16 岁	17 岁	18 岁	13 岁	14 岁	15 岁	16 岁	17 岁	18 岁
$Q1$	44.40±4.62	44.01±5.24	43.45±5.83	42.01±6.06	40.40±6.11	38.93±5.89	42.33±3.62	40.54±3.91	38.18±3.82	37.15±3.83	35.57±3.86	33.17±4.43
$Q2$	45.18±4.96	44.38±5.20	44.10±5.60	42.64±5.98	41.88±6.01	39.38±6.46	42.39±3.75	40.82±3.95	39.29±3.78	37.47±3.66	35.87±4.03	34.13±4.87
$Q3$	44.56±4.80	44.30±5.08	43.20±5.49	42.21±5.61	41.15±5.81	39.16±6.29	42.30±3.79	40.81±3.79	39.21±3.96	37.10±3.70	35.92±4.03	33.75±4.68
$Q4$	43.72±4.78	43.29±5.07	42.44±5.23	40.76±5.37	39.36±5.75	37.85±6.00	41.08±4.31	39.64±4.00	37.88±3.59	35.87±3.50	34.64±3.66	32.69±3.75
F 值	15.19	9.00	14.97	20.48	28.13	10.13	23.36	16.61	33.45	32.96	18.23	19.36
P 值	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01

2.3　中学生 WWI 与 VO_{2max} 的曲线回归分析　VO_{2max} 与 WWI 和 WWI^2 的回归分析结果表明，中学生各回归系数均有统计学意义（P 值均<0.01）。VO_{2max} 与 WWI^2 呈现负相关关系，表明 VO_{2max} 与 WWI 构成开口向下的倒“U”型曲线关系，即随着 WWI 的升高，VO_{2max} 呈现先升高后下降的趋势。见表 3。

表 3　不同性别中学生 WWI 与 VO_{2max} 的曲线回归分析

Table 3　Curve regression analysis of WWI and VO_{2max} in middle school students of different genders

性别	自变量	β 值	标准误	t 值	P 值
男	WWI	0.27	0.27	5.65	<0.01
（n=22 338）	WWI^2	−0.31	0.01	−6.47	<0.01
	常数		1.29	27.91	<0.01
女	WWI	0.11	0.28	2.00	0.05
（n=22 532）	WWI^2	−0.14	0.02	−2.53	0.01
	常数		1.32	27.10	<0.01
合计	WWI	0.13	0.21	3.45	<0.01
（n=44 870）	WWI^2	−0.14	0.01	−3.85	<0.01
	常数		1.00	37.08	<0.01

从图 1 可知，当 WWI 为 8.5 时中学生 VO_{2max} 水平达到最高，为 40.07 mL/（kg · min^{-1}）。当男生 WWI 为 8.5、女生为 7.5 时，VO_{2max} 水平最高，分别为 42.47，37.85 mL/（kg · min^{-1}）。男生 WWI 的升高对 VO_{2max} 的影响与女生相比更为显著。

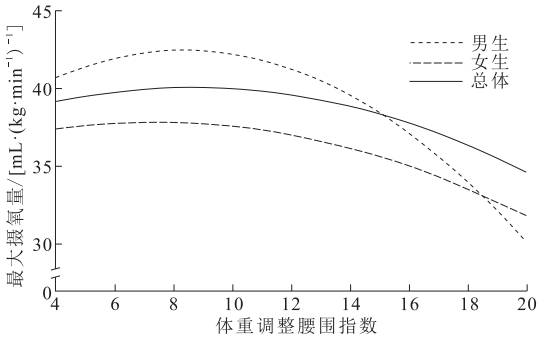


图 1　不同性别中学生 WWI 与 VO_{2max} 的曲线关系

Figure 1　The curve relationship between WWI and VO_{2max} by gender in middle school students

3　讨论

本研究结果显示，中国中学生 WWI 与反映心肺耐力的 VO_{2max} 指标之间呈现倒“U”型关系，随着 WWI 的升高，VO_{2max} 水平呈现先升高后下降的趋势。有研究表明，青少年 BMI 与心肺耐力之间存在“J”型曲线关系[16-17]。还有研究表明，腰围与青少年的心肺耐力之间呈倒“U”型曲线关系，腰围较低和较高均对心肺耐力产生负面影响[18]，与本研究结论一致。本研究显示，与 BMI、腰围、体脂率相比，WWI 在评估中学生心肺耐力方面更具优势，因为 WWI 能综合考虑体重和腰围，能更全面反映身体成分及脂肪分布对心肺耐力的影响[19]。

WWI 对心肺耐力的负面影响其原因可能存在以下方面：（1）WWI 的升高意味着体重的增加，而体重的增加使青少年在进行 20 m 往返跑时需要克服身体更大的体重阻力，势必对测试成绩产生负面影响[20]。Mintjens 等[21]对 48 名 15 岁青少年进行最大跑台测试结果表明，青少年的 BMI 与心肺耐力之间呈现负相关。一项对中国青少年的研究也显示，青少年体重的增加对反映心肺耐力水平的 1 000 m 和 800 m 跑成绩产生负面影响[22]。（2）腹部脂肪的堆积会导致身体胰岛素抵抗和炎症反应的增加，同时也会导致心血管系统负担加重，影响心肺功能[23]。一项研究表明，身体脂肪的增加会导致代谢需求的升高，需要更多血液循环满足身体基本功能，使心脏负担增加，也会导致心肺耐力水平的下降[24]。（3）脂肪组织的增加会触发身体炎症信号通路，导致脂肪细胞分泌促炎因子，炎症介质通过血液循环扩散至全身，损伤血管内皮细胞，增加心血管血栓形成的风险，最终影响心脏功能，导致心肺耐力水平的下降[25]。

本研究结果还显示，与女生相比，男生 WWI 对 VO_{2max} 的影响更为显著，即随着 WWI 的升高，男生的 VO_{2max} 水平下降的更为明显。可能因为男生的 VO_{2max} 水平与女生相比较高，当体重增加时男生相对心肺负担增加的更为显著，导致 VO_{2max} 水平下降的更为明显。另外，男生与女生的激素水平存在差异，男生主要受到睾酮激素的影响，而女生主要受雌激素和孕激素的影响[26]。睾酮激素有助于维持身体更高的肌肉力量和较低的脂肪量，而 WWI 的升高导致脂肪的增加，会使雌激素分泌增多，导致男生代谢水平下降，影响心肺功能[27]。

本研究也存在一定的局限性：首先，研究为横断面研究，仅能分析 WWI 与 VO_{2max} 之间存在的关联，无法了解两者之间的因果关系。未来应进行前瞻性的队列研究，以分析两者之间的因果关联。其次，研究没有纳入影响青少年心肺耐力的协变量。未来应纳入影响青少年 VO_{2max} 的饮食行为、体力活动、睡眠等方面的因素，以更好地分析 WWI 与 VO_{2max} 之间的关联。

利益冲突声明　所有作者声明无利益冲突。

参考文献

[1]　毕存箭，尹小俭，施利娟，等.中高强度课堂体育锻炼对藏族初一年级学生心肺耐力和执行功能的干预效果[J].中国学校卫生，2024，45(3)：322-325.
BI C J，YIN X J，SHI L J，et al. Intervention effects of moderate and high intensities of classroom physical activity on cardiorespiratory fitness and executive function among junior grade one students in Tibet-

an[J].Chin J Sch Health,2024,45(3):322-325.(in Chinese)

[2] 封秀林.自编有氧拉丁操对女大学生心肺耐力及体育学习兴趣的影响研究[D].广州:广州体育学院,2024.
FENG X L.Study on the impact of self made aerobic Latin exercises on cardio-respiratory fitness and sports learning interests of female university students[D].Guangzhou:Guangzhou Sport University,2024.(in Chinese)

[3] 李辉,王乐.24 h 活动行为对中心性肥胖中学生身体形态与心肺耐力影响的替代效益[J].中国学校卫生,2025,46(5):662-666.
LI H,WANG L.Alternative benefits of 24-hour activity behavior on the physical shape and cardiorespiratory endurance of middle school students with central obesity[J].Chin J Sch Health,2025,46(5):662-666.(in Chinese)

[4] 马奇,陈曼曼,马莹,等.儿童青少年生活方式与不同部位脂肪质量指数的关联[J].中国学校卫生,2024,45(7):1021-1025.
MA Q,CHEN M M,MA Y,et al.Association between lifestyle and fat mass index in different positions of children and adolescents[J].Chin J Sch Health,2024,45(7):1021-1025.(in Chinese)

[5] 张帅,李成跃,李卫民.1985—2019 年 8 次中国儿童青少年体质健康监测的爆发力素质研究及长期发展预测[J].中国儿童保健杂志,2025,33(5):565-570.
ZHANG S,LI C Y,LI W M.Quality of power for monitoring the physical fitness of Chinese children and adolescents based on 8 studies from 1985 to 2019 and long-term development forecasts[J].Chin J Child Health Care,2025,33(5):565-570.(in Chinese)

[6] 陈泽恺,朱琳,李展权,等.中高强度身体活动量与肥胖儿童青少年心肺适能改善的剂量-效应关系研究[J].中国运动医学杂志,2022,41(9):687-693.
CHEN Z K,ZHU L,LI Z Q,et al.Dose-response relationship between moderate to vigorous physical activities of and cardiorespiratory fitness of obese children and adolescents[J].Chin J Sports Med,2022,41(9):687-693.(in Chinese)

[7] 李明,尹小俭,李玉强,等.中国汉族儿童青少年体质量指数与 20 m 往返跑的相关性[J].中国学校卫生,2017,38(12):1773-1776.
LI M,YIN X J,LI Y Q,et al.Correlation between BMI and 20 m shuttle run of children and adolescents of Han nationality in China[J].Chin J Sch Health,2017,38(12):1773-1776.(in Chinese)

[8] 土小红,谢坚明,黄智萍,等.中学生 20 m 往返跑成绩与生活行为方式的关联[J].中国学校卫生,2022,43(12):1804-1808.
TU X H,XIE J M,HUANG Z P,et al.Relationship between 20 m shuttle run test performance and lifestyle behaviors of junior high school students[J].Chin J Sch Health,2022,43(12):1804-1808.(in Chinese)

[9] 李瑞林,于照祥,赵斌,等.体重调整腰围指数与儿童青少年骨密度的最佳平衡状态探索[J].中国骨质疏松杂志,2025,31(4):501-506.
LI R L,YU Z X,ZHAO B,et al.Exploration of the optimal balance between weight-adjusted waist circumference index and bone mineral density in children and adolescents[J].Chin J Osteop,2025,31(4):501-506.(in Chinese)

[10] WANG X,YANG S,HE G,et al.The association between weight-adjusted-waist index and total bone mineral density in adolescents:NHANES 2011-2018[J].Front Endocrinol (Lausanne),2023,14:1191501.

[11] YE J,HU Y,CHEN X,et al.Association between the weight-adjusted waist index and stroke:a cross-sectional study[J].BMC Public Health,2023,23(1):1689.

[12] 黄风连,陈萍萍,周圆,等.基于中国学生体质调研数据的少数民族中小学生视力不良对比分析[J].中国校医,2021,35(5):321-324.
HUANG F L,CHEN P P,ZHOU Y,et al.Comparative analysis of poor visual acuity of minority primary and secondary school students based on Chinese students' physique and health survey data[J].Chin J School Doctor,2021,35(5):321-324.(in Chinese)

[13] TOMKINSON G R,LANG J J,BLANCHARD J,et al.The 20-m shuttle run:assessment and interpretation of data in relation to youth aerobic fitness and health[J].Pediatr Exerc Sci,2019,31(2):152-163.

[14] 石秀廷,尹小俭.20 m 往返跑用于青少年心肺耐力评价的研究进展[J].中国学校卫生,2017,38(12):1916-1920.
SHI X T,YIN X J.Research progress of 20 m round trip running for evaluating cardiopulmonary endurance in adolescents[J].Chin J Sch Health,2017,38(12):1916-1920.(in Chinese)

[15] LÉGER L A,MERCIER D,GADOURY C,et al.The multistage 20 metre shuttle run test for aerobic fitness[J].J Sports Sci,1988,6(2):93.

[16] 刘自慧,彭莉,郭耀明,等.重庆市儿童身体质量指数与体质健康指标关系研究[J].西南师范大学学报(自然科学版),2013,38(12):164-168.
LIU Z H,PENG L,GUO Y M,et al.On relationship between body mass index and physical health variables of Chongqing children[J].J Southwest China Norm Univ (Nat Sci Edit),2013,38(12):164-168.(in Chinese)

[17] 王熙,王娇娇,张强,等.儿童青少年体格发育指标与 20 m 往返跑成绩的关联[J].中国学校卫生,2023,44(11):1708-1712.
WANG X,WANG J J,ZHANG Q,et al.Relationship between anthropometric parameters and 20-meter shuttle run test among children and adolescents[J].Chin J Sch Health,2023,44(11):1708-1712.(in Chinese)

[18] 李新,李晓彤,王正珍,等.肥胖少年颈围、腰围与心肺耐力及心血管疾病危险因素的关系[J].体育科学,2017,37(3):79-85.
LI X,LI X T,WANG Z Z,et al.Relationship of neck circumference,waist circumference and cardiorespiratory fitness with cardiovascular disease risk factors in obese adolescents[J].Sci Sports,2017,37(3):79-85.(in Chinese)

[19] WEELDREYER N R,DE GUZMAN J C,PATERSON C,et al.Cardiorespiratory fitness,body mass index and mortality:a systematic review and Meta-analysis[J].Br J Sports Med,2025,59(5):339-346.

[20] 赖丽娟,蔡莉,曾霞,等.广州市小学生体力活动和静态行为与 20 m 往返跑的关联[J].中国学校卫生,2019,40(12):1771-1774.
LAI L J,CAI L,ZENG X,et al.Association of physical activity and sedentary behavior with 20 in shuttle run test performance among children[J].Chin J Sch Health,2019,40(12):1771-1774.(in Chinese)

[21] MINTJENS S,MENTING M D,DAAMS J G,et al.Reply to tarp comment on:"cardiorespiratory fitness in childhood and adolescence affects future cardiovascular risk factors:a systematic review of longitudinal studies"[J].Sports Med,2019,49(1):163-165.

(下转第 707 页)

activity disorder and learning disabilities in mathematics[J]. Psicothema, 2009, 21(1): 63-69.

[6] BROWN A B, BIEDERMAN J, VALERA E M, et al. Effect of dopamine transporter gene (*SLC6A3*) variation on dorsal anterior cingulate function in attention-deficit/hyperactivity disorder[J]. Am J Med Genet B Neuropsychiatr Genet, 2010, 153B(2): 365-375.

[7] 范文敏,张国礼.错失恐惧对抑制控制的影响:急性有氧运动的干预作用[C]//中国心理学会.第二十四届全国心理学学术会议摘要集.新乡,2022:1088-1090.
FAN W M, ZHANG G L. The effect of misplaced fear on inhibitory control: the role of acute aerobic intervention[C]//Chinese Psychological Association. Abstracts of the 24th national psychology conference. Xinxiang, 2022: 1088-1090. (in Chinese)

[8] 刘焕楠,陈乐琴.运动干预对青少年儿童抑制控制功能影响的 Meta 分析[J].南京体育学院学报,2019,2(8):33-41.
LIU H N, CHEN L Q. Meta-analysis of the effect of exercise intervention on the inhibition control function of adolescents[J]. J Nanjing Sport Inst, 2019, 2(8): 33-41. (in Chinese)

[9] 丁相玲,祖静,张向葵.抑制控制训练对手机依赖大学生的干预效果[J].心理与行为研究,2018,16(3):342-348.
DING X L, ZU J, ZHANG X K. The effects of inhibition control training in mobile phone dependency college students[J]. Stud Psychol Behav, 2018, 16(3): 342-348. (in Chinese)

[10] SPIERER L, CHAVAN C F, MANUEL A L. Training-induced behavioral and brain plasticity in inhibitory control[J]. Front Hum Neurosci, 2013, 7: 427.

[11] FLYNN R M, RICHERT R A. Cognitive, not physical, engagement in video gaming influences executive functioning[J]. J Cogn Dev, 2018, 19(1): 1-20.

[12] BENZING V, SCHMIDT M. The effect of exergaming on executive functions in children with ADHD: a randomized clinical trial[J]. Scand J Med Sci Sports, 2019, 29(8): 1243-1253.

[13] BEST J R. Exergaming immediately enhances children's executive function[J]. Dev Psychol, 2011, 48(5): 1501-1510.

[14] AUDIFFREN M, TOMPOROWSKI P D, ZAGRODNIK J. Acute aerobic exercise and information processing: energizing motor processes during a choice reaction time task[J]. Acta Psychol, 2008, 129(3): 410-419.

[15] SCHMIDT M, BENZING V, KAMER M. Classroom-based physical activity breaks and children's attention: cognitive engagement works![J]. Front Psychol, 2016, 7: 1474.

[16] 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.
GAI X S, XU J, YAN Y, et al. Exergame can improve children's executive function: the role of physical intensity and cognitive engagement[J]. Acta Psychol Sin, 2021, 53(5): 505-514. (in Chinese)

[17] HILLMAN C H, PONTIFEX M B, RAINE L B, et al. The effect of acute treadmill walking on cognitive control and academic achievement in preadolescent children[J]. Neuroscience, 2009, 159(3): 1044-1054.

[18] BAUMEISTER R F, TICE V D M. The strength model of self-control[J]. Curr Direct Psychol Sci, 2007, 16(6): 351-355.

[19] 张连成,高淑青,郑程浩.自控损耗的生理、心理与脑机制研究进展[J].心理技术与应用,2019,7(7):441-448.
ZHANG L C, GAO S Q, ZHENG C H. Research progress on physiological, psychological and brain mechanism of ego-depletion[J]. Psychol Technol Appl, 2019, 7(7): 441-448. (in Chinese)

[20] BAUMEISTER R F, TICE D M, VOHS K D. The strength model of self-regulation: conclusions from the second decade of willpower research[J]. Perspect Psychol Sci, 2018, 13(2): 141-145.

[21] GAILLIOT M T. Hunger and reduced self-control in the laboratory and across the world: reducing hunger as a self-control panacea[J]. Psychology, 2013, 4(1): 59-66.

[22] MOTTA-TEIXEIRA L C, TAKADA S H, MACHADD-NILS A V, et al. Spatial learning and neurogenesis: effects of cessation of wheel running and survival of novel neurons by engagement in cognitive tasks[J]. Hippocampus, 2016, 26(6): 794-803.

[23] LI R, QU P, HU X, et al. Assessing acute effects of two motor-cognitive training modalities on cognitive functions, postural control, and gait stability in older adults: a randomized crossover study[J]. Peer J, 2024, 12: e18306.

[24] LUDYG S, GERBER M, SCHWARZ A, et al. Effects of cognitive and physical load of acute exercise on inhibitory control and prefrontal cortex hemodynamics in children[J]. Med Sci Sports Exerc, 2024, 56(7): 1328-1336.

[25] O'LEARY K C, PONTIFEX M B, SCUDDER M R, et al. The effects of single bouts of aerobic exercise, exergaming, and videogame play on cognitive control[J]. Clin Neurophysiol, 2011, 122(8): 1518-1525.

[26] DELEUZE J, CHRISTIAENS M, NUYENS F, et al. Shoot at first sight! First person shooter players display reduced reaction time and compromised inhibitory control in comparison to other video game players[J]. Comput Hum Behav, 2017, 72: 570-576.

收稿日期:2024-11-26　**修回日期**:2025-01-26　**本文编辑**:汤建军

(上接第 702 页)

[22] 梅凤鸣.同期耐力与力量训练对非体育专业大学生 800 米成绩影响的实验研究[D].长春:吉林体育学院,2024.
MEI F M. An experimental study on the influence of simultaneous endurance and strength training on 800 meter performance of non-physical education major college students[D]. Changchun: Jilin Institute of Physical Education, 2024. (in Chinese)

[23] KOSMAS C E, BOUSVAROU M D, KOSTARA C E, et al. Insulin resistance and cardiovascular disease[J]. J Int Med Res, 2023, 51(3): 655741820.

[24] ASHRAF M J, BAWEJA P. Obesity: the 'huge' problem in cardiovascular diseases[J]. Mo Med, 2013, 110(6): 499-504.

[25] SOTAK M, CLARK M, SUUR B E, et al. Inflammation and resolution in obesity[J]. Nat Rev Endocrinol, 2025, 21(1): 45-61.

[26] MCHENRY J, CARRIER N, HULL E, et al. Sex differences in anxiety and depression: role of testosterone[J]. Front Neuroendocrinol, 2014, 35(1): 42-57.

[27] WANG P, LI Q, WU L, et al. Association between the weight-adjusted-waist index and testosterone deficiency in adult males: a cross-sectional study[J]. Sci Rep, 2024, 14(1): 25574.

收稿日期:2025-04-23　**修回日期**:2025-04-27　**本文编辑**:汤建军