

● 锻炼心理学专题 ●

不同强度短时有氧运动对久坐大学生自我控制的影响及时程特点

周志强¹, 吕中凡¹, 史鹏², 冯晓苏¹

(1. 辽宁师范大学体育学院, 辽宁大连 116029; 2. 上海体育学院体育教育学院, 上海 200438)

摘要: **目的** 探究不同强度短时有氧运动对久坐大学生自我控制的影响及时程特点, 为久坐大学生提供运动建议。**方法** 选取 48 名久坐大学生随机分为中强度组、高强度组和对照组, 中强度组和高强度组分别以 60%~69% 和 70%~79% 的最大心率完成 30 min 跑台运动, 对照组不进行任何体力活动。采用 Stroop 色词任务对 3 组受试者干预前、干预后即刻、干预后 30 min、干预后 60 min 4 个时间点进行自我控制行为学指标测量。**结果** 重复测量方差分析结果显示, 3 组受试者在准确率指标上差异无统计学意义 ($p>0.05$); 在反应时指标上, 组别主效应显著 ($F_{(2,45)}=3.877, p<0.05, \eta_p^2=0.147$), 组别与时间交互作用极其显著 ($F_{(6,135)}=11.181, p<0.001, \eta_p^2=0.332$), 简单效应分析显示中强度组在运动后 30min 和 60min 显著低于对照组 ($p<0.05$), 高强度组与对照组差异无统计学意义 ($p>0.05$)。**结论** 中等强度短时有氧运动会显著提升久坐大学生的自我控制, 这一效果会出现在运动后 30 min, 并可持续至运动后 60 min; 高强度短时有氧运动可能会损害久坐大学生的自我控制, 并且在 60 min 内无法恢复至基线水平。

关键词: 运动强度; 短时有氧运动; 久坐大学生; 自我控制; Stroop 色词任务

中图分类号: G804.82 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-983X(2023)03-0189-05

Effects of Acute Aerobic Exercise of Different Intensity on Self-control of Sedentary College Students

ZHOU Zhiqiang¹, LV Zhongfan¹, SHI Peng², FENG Xiaosu¹

(1. College of Physical Education, Liaoning Normal University, Dalian Liaoning, 116029; 2. Institute of Physical Education, Shanghai University of Sport, Shanghai 200438, China)

Abstract: **Objective** To explore the effect of acute aerobic exercise with different intensity on self-control of sedentary college students, and provide exercise suggestions for sedentary college students. **Methods** Forty-eight sedentary college students were randomly divided into the medium intensity group, the high intensity group and the control group. The medium intensity group and the high intensity group completed a 30 minute treadmill exercise with a maximum heart rate of 60%~69% and 70%~79%, respectively. The control group did not carry out any physical activity. Stroop color word task was used to measure the self-control behavior indicators of the three groups of subjects at four time points, before intervention, immediately after intervention, 30 min after intervention, and 60 min after intervention. **Results** The results of repeated measurement ANOVA showed that there was no significant difference in the accuracy index among the three groups ($p>0.05$). On the reaction time index, the main effect of the group is significant ($F_{(2,45)}=3.877, p<0.05, \eta_p^2=0.147$), the interaction between group and time is extremely significant ($F_{(6,135)}=11.181, p<0.001, \eta_p^2=0.332$), simple effect analysis showed that the moderate intensity group was significantly lower than the control group at 30 min and 60 min after exercise ($p<0.05$), and there was no significant difference between the high-intensity group and the control group ($p>0.05$). **Conclusion** Medium intensity acute aerobic exercise will significantly improve the self-control of sedentary college students, which will occur 30 min after exercise and last until 60 min after exercise. High intensity acute aerobic exercise may damage the self-control of sedentary college students, and can not recover to the baseline level within 60 min.

Keywords: exercise intensity; acute aerobic exercise; sedentary college student; self-control; stroop color-word test

收稿日期: 2023-01-16

基金项目: 辽宁省教育厅人文社科青年项目(WQ20200012)。

第一作者简介: 周志强(1992~), 男, 辽宁丹东人, 在读硕士, 研究方向: 运动心理学。

通讯作者简介: 吕中凡(1965~), 男, 辽宁沈阳人, 博士, 教授, 研究方向: 运动心理学, E-mail: luzhongfan@sina.com。

长期久坐会危害大学生身心健康^[1], 随着新冠疫情的持续影响, 高校的封闭管理模式成为常态, 导致大学生群体久坐行为增加^[2]。最新的研究表明, 大学生群体的平均静坐时长已高达 9h/d^[3], 远超健康风险升高的阈值 6h/d^[4]。目前, 关于如何抵消久坐行为对人们身心健康造成的危害已成为近年的研究热

点。

自我控制是指个体克服和调节冲动、欲望和习惯性行为的能力^[5],良好的自控能力对疫情封校大学生的生活和学习尤为重要,自控失败会导致大学生出现手机依赖、攻击行为、拖延、暴饮暴食和抽烟酗酒等行为问题^[6-9]。研究表明,短时有氧运动可以影响个体的自我控制^[10]。短时有氧运动又称急性有氧运动^[11],是指单次持续时间为 10~60min 的以有氧代谢提供能量的运动方式^[12]。短时有氧运动与自我控制的关系存在着复杂的“剂量效应”,其中运动强度的不同可能会对自我控制产生差异性影响^[13]。陈爱国等人的研究^[14]表明,中、高强度短时有氧运动都能显著提高大学生的自我控制,而低强度短时有氧运动对自我控制无显著影响。王莹莹等人的研究^[11]则发现,仅有中等强度的短时有氧运动能促进久坐大学生的自我控制。大多数研究没有发现低强度短时有氧运动对自我控制产生影响,原因是运动强度必须超过一定的阈值才能使认知能力有显著变化。运动对自我控制的影响也存在时间上的差异,即为“时程效应”^[13]。Lambourne 等人的 Meta 分析^[15]评估了短时有氧运动对自我控制的影响,结果显示运动结束后 30min 可以检测到认知测试成绩的提高。通过对“时程效应”的研究有助于加深运动影响自我控制的理解。

综上所述,随着久坐行为已成为危害大学生身心健康的严重公共卫生问题^[16],亟需最新的研究表明不同强度的短时有氧运动对久坐大学生自我控制的影响,从而制定合理的运动干预手段来应对久坐导致的负面影响。基于此,本研究选取久坐大学生为实验对象,采用中、高强度的短时有氧运动进行干预,对干预前、后不同时刻的自我控制行为学指标进行测量,探究不同强度短时有氧运动对久坐大学生自我控制的影响及时程特点。

1 研究对象与方法

1.1 实验对象

采用 G*Power3.1^[17]软件对本研究所需样本量进行先验分析,在显著性水平 $\alpha=0.05$ 且中等效应($f=0.25$)时,预测达到 95%统计力水平的总样本量为 45。本研究共招募某高校封闭管理期间大学生 95 人(男 50 人、女 45 人),通过纳入标准筛选最终选取 48 人(男、女各 24 人)参加本实验,通过抽签法将其分为中强度组(男、女各 8 人)、高强度组(男 9 人、女 7 人)和对照组(男 7 人、女 9 人)。本研究经辽宁师范大学伦理委员会批准(批准号:LL2022009),所有受试者均签署书面知情同意书并提醒受试者在运动过程中身体有任何不适可随时停止实验。

纳入标准:1)年龄 18~25 岁,视力正常,无色盲色弱。2)通过体力活动适应问卷(Physical Activity Readiness Questionnaire, RAP-Q)^[18]评定,确认可参加中、高强度有氧运动;3)参考久坐人群的定义^[19]和久坐生活方式的标准^[20],通过国际体力活动量表(International Physical Activity Questionnaire, IPAQ)短卷中文版(信度为 0.78,效度为 0.72)^[21]评定,体力活动值不超过 1 500 MET·min/week,且静坐时间超过 6h/d,每周运动少于 3 次,每次运动时间不超过 30min。

1.2 运动干预方案

参考美国运动医学会针对健康成年人的有氧运动强度分级标准^[22]和国内相关研究^[23]将个体最大心率的 60%~69% 确定为中强度,个体最大心率的 70%~79% 为高强度,个体最大心率(HR_{max})=220-年龄。运动方式采用跑台运动,包括热身活动 5min,正式运动为加速跑至心率达到靶心率后维持 20min,慢走放松 5min。使用 polar 心率遥控仪对运动强度进行监控。

1.3 自我控制测量

参考以往研究^[24]采用 Stroop 色词任务,对自我控制进行测量,采用 E-prime 3.0 软件编程和呈现,软件自动记录准确率和反应时。具体流程如图 1 所示:练习实验共 16 个 trails,有反馈。正式实验共 64 个 trails,无反馈。单个 trail 的呈现顺序:先在屏幕中央呈现白色注视点“+”,持续 500 ms,然后呈现刺激,持续 2 000 ms,被试需要在 2 000 ms 内做出按键反应,最后黑屏休息 1 500 ms。正式实验分为 2 个 block,每个 block 间休息 1min。刺激图片是由红色、黄色、蓝色、绿色 4 种颜色构成的红、黄、蓝、绿 4 个汉字,分别对应键盘“Q”“W”“O”“P”4 个按键,另有正方形或圆形 2 种图形包围在汉字外,其中正方形内刺激需根据该汉字字义作出按键反应,圆形内刺激需根据该汉字颜色作出按键反应,共计 32 种不同的 trails 随机呈现。要求被试者在保证成功率的前提下快速作出反应,准确率越高、反应时越低代表自我控制能力越好。

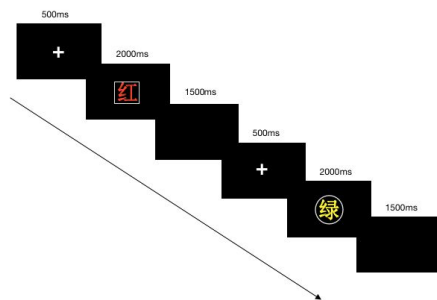


图 1 Stroop 色词任务流程图

1.4 实验设计

采用 3(运动强度:高强度、中等强度、对照组)×4(测量时间:干预前、干预后即刻、干预后 30min、干预后 60min)两因素混合设计。其中组别(运动强度)为组间变量,时间为组内变量,Stroop 色词任务的准确率和反应时指标为因变量,将 4 个时间点分别命名为 T1(干预前)、T2(干预后即刻)、T3(干预后 30min)和 T4(干预后 60min)。

1.5 实验流程

实验前一天邀请受试者进行认知任务练习并保证无剧烈运动。正式实验当日,将受试者分别带入运动心理学实验室,实验室保持安静无干扰。首先邀请受试者进行干预前的认知任务测试;随机分组后分配中强度组和高强度组开始 30min 跑台运动,对照组不进行任何体力活动;最后对 3 组受试者干预后即刻,干预后 30min 和干预后 60min 分别进行认知任务再测。干预后每次认知任务测试之间所有受试者均保持静坐休息,单次认知任务测试时长约为 5min。

1.6 统计分析

使用 SPSS 23.0 对数据进行统计分析,采用 S-W 检测方法对数据的正态分布情况进行检验,以 $(\bar{x} \pm s)$ 表示。采用单因素方差分析对 3 组受试者自我控制进行同质性检验。采用 3 (中强度组 vs 高强度组 vs 对照组)*4(T1 vs. T2 vs. T3 vs. T4) 双因素重复测量方差分析,对组别因素、时间因素和组别与时间交互作用分别进行主效应检验,如交互作用显著再采用 LSD 法进行进一步简单效应分析。检验水准 $\alpha=0.05$ 。

2 研究结果

2.1 自我控制的同质性检验结果

考虑到年龄、性别、BMI 等人口统计学指标会影响个体的

自我控制^[25],为避免这种差异对实验结果产生影响,对 3 组受试者的人口统计学指标进行检查,并对 3 组受试者实验前的自我控制行为学指标进行检查,以保证 3 组受试者具备同质性。通过卡方检验发现,性别($\chi^2=0.500, p>0.05$)差异无统计学意义;通过单因素方差分析发现,年龄($F_{(2,45)}=0.235, p>0.05$); BMI($F_{(2,45)}=0.370, p>0.05$);受教育年限($F_{(2,45)}=0.106, p>0.05$);静坐时间($F_{(2,45)}=0.103, p>0.05$);IPAQ($F_{(2,45)}=0.199, p>0.05$);准确率指标($F_{(2,45)}=237, p>0.05$);反应时指标($F_{(2,45)}=0.556, p>0.05$)的差异均无统计学意义,表明 3 组受试者在人口统计学指标和自我控制能力上均具有同质性。

2.2 运动干预前、后自我控制任务的变化结果

表 1 受试者人口统计学信息和自我控制能力 $(\bar{x} \pm s)$

指标	中强度组	高强度组	对照组
n(人数)	16	16	16
性别(男/女)	8/8	9/7	7/9
年龄(岁)	21.75 ± 2.05	21.81 ± 1.97	21.38 ± 1.82
BMI(kg/m ²)	21.35 ± 1.83	21.86 ± 1.78	21.81 ± 1.95
受教育年限(年)	14.88 ± 2.06	14.94 ± 2.18	14.63 ± 1.86
静坐时间(h)	8.84 ± 1.66	8.66 ± 1.45	8.91 ± 1.73
IPAQ(MET-min/w)	1 009.03 ± 138.38	1 033.31 ± 180.23	996.13 ± 184.79

3 组受试者干预前、后 4 个时间点的 Stroop 任务的准确率和反应时指标的描述性统计见表 2。

对准确率指标进行双因素重复测量方差分析结果(表 3)显示,组别主效应不显著($F_{(2,45)}=1.242, p>0.05, \eta_p^2=0.052$),时间主效应不显著($F_{(3,135)}=1.207, p>0.05, \eta_p^2=0.026$),组别与时间交互作用不显著($F_{(6,135)}=1.925, p>0.05, \eta_p^2=0.079$)。图 2 可知中强度组干预后准确率呈上升趋势,但与对照组的差异无统计学意义,表明准确率指标受运动干预影响较小。

对反应时指标进行双因素重复测量方差分析结果(表 3)

显示,组别主效应显著($F_{(2,45)}=3.877, p<0.05, \eta_p^2=0.147$),时间主效应不显著($F_{(3,135)}=2.168, p>0.05, \eta_p^2=0.046$),组别与时间交互作用极其显著($F_{(6,135)}=11.181, p<0.001, \eta_p^2=0.332$),进一步简单效应分析(图 3)显示 T3 时刻中强度组反应时指标显著低于对照组($p<0.05$),T4 时刻中强度组反应时指标显著低于对照组($p<0.05$),中强度组干预后的反应时呈下降趋势,高强度组呈上升趋势。表明中强度组在运动后 30min 反应速度明显加快,并持续至运动后 60min;高强度组在运动后反应速度有减慢趋势,但与对照组的差异无统计学意义。

表 2 Stroop 任务准确率和反应时描述性统计 $(\bar{x} \pm s)$

时间	中强度组(n=16)		高强度组(n=16)		对照组(n=16)	
	准确率(%)	反应时(ms)	准确率(%)	反应时(ms)	准确率(%)	反应时(ms)
T1	85.87 ± 6.56	1 185.89 ± 69.83	84.50 ± 5.82	1 158.11 ± 67.78	84.88 ± 5.04	1 176.09 ± 87.65
T2	86.72 ± 8.67	1 112.50 ± 82.85	83.81 ± 5.10	1 202.93 ± 111.80	85.69 ± 4.91	1 169.05 ± 101.60
T3	87.31 ± 8.07	1 081.39 ± 88.26	84.25 ± 5.58	1 199.78 ± 82.96	84.88 ± 5.95	1 169.35 ± 88.46
T4	89.63 ± 7.82	1 084.86 ± 106.09	83.94 ± 6.27	1 217.73 ± 104.97	85.06 ± 6.23	1 181.43 ± 90.58

表 3 准确率和反应时主效应检验结果

序号	类别	F	p
准确率(%)	组别	1.242	0.299
	时间	1.207	0.310
	组别 × 时间	1.925	0.081
反应时(ms)	组别	3.877*	0.028
	时间	2.168	0.095
	组别 × 时间	11.181***	0.000

注:*表示 $p<0.05$,***表示 $p<0.001$

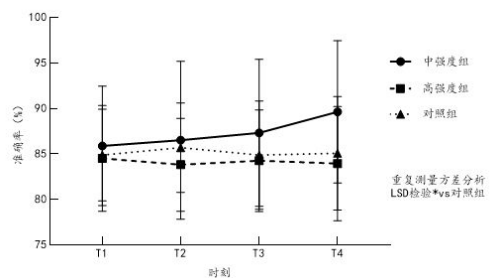


图 2 准确率指标重复测量方差分析结果

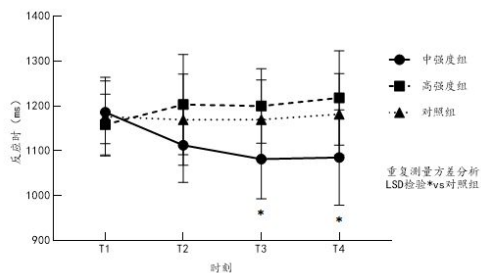


图 3 反应时指标重复测量方差分析结果

3 讨论与分析

本研究探讨了中、高强度的短时有氧运动对久坐大学生自我控制的影响,结果显示,中强度短时有氧运动显著提升了久坐大学生的自我控制,具体表现为认知任务反应时的降低,而准确率无明显变化,其中准确率未发现差异的原因可能是由于实验要求受试者在保证准确率的前提下进行按键反应,3组受试者在实验过程中均充分调动了认知加工资源,准确率指标维持在较高水平,因此该指标在本实验条件下对自变量(时间、组别)均不敏感^[26],而中强度组在维持高准确率的情况下进一步缩短了反应时,加快了募集认知加工资源的速度,反映出自我控制能力的提高。这一结果与项明强的研究^[27]相似,即中强度短时有氧运动可以最大化促进认知任务成绩的提高,符合倒 U 型理论^[11],运动改善了神经细胞突触的传递效能,引起了神经递质释放和神经递质受体表达显著增高,并且增加了负责神经生长和复苏的脑源性血清营养因子 (Brain-derived Neurotrophic Factor, BDNF) 浓度^[28],从而提高了认知表现。此外,本研究未发现高强度短时有氧运动对久坐大学生的自我控制产生积极影响,高强度组认知表现小幅下降可用自我控制力量模型(Strength Model)来解释,该模型认为,人的认知加工资源有限,执行自我控制任务会消耗资源,经过休息可以恢复^[5]。久坐大学生在高强度的运动后消耗了大量自我控制资源无法及时恢复,出现自我损耗状态,进而导致认知表现受损^[29]。用神经内分泌学模型理论也可以解释这一现象,运动在合成儿茶酚胺,释放肾上腺素和去甲肾上腺素的同时伴随着皮质醇的释放,皮质醇可以通过限制皮质激素释放激素(CRH)和促肾上腺皮质激素(ACTH)的合成来调节唤醒水平,当运动强度或持续时间增加到皮质醇无法抑制 CRH 和 ACTH 时,唤醒水平会升高到认知能力受损的程度^[30]。另外,认知任务的难度和运动干预的方式,都使受试者消耗了更多的注意力资源,从而影响了认知表现^[13]。

目前关于时程效应的研究认为,运动对认知产生的短时影响可以持续至少 30min,原因是运动引起的大脑血流量的增加以及激素、神经递质等化学物质的分泌状态在运动后 30min 时仍然存在^[31]。本研究检测到久坐大学生在中强度短时有氧运动后 30min 时刻自我控制的认知表现提升,并且持续到了运动后 60min 时刻;而高强度短时有氧运动对久坐大学生带来的自我控制认知损伤在运动后 60min 内未恢复至基线水平。产生这种现象的原因可能与本研究的受试人群有关,久坐群体可能表现为较高的自我控制资源易损性^[32]和较差的体能水平^[33],能耗量是决定短时有氧运动对认知功能收益的重要

因素^[34],过多的能耗使机体产生了疲劳感,而急性疲劳对认知的消极影响的证据是十分充分的^[10]。综上可知,当受试者进行的运动干预强度过高时,运动带来的认知表现收益短时间内无法弥补自我控制资源的损耗。

本研究表明了不同强度短时有氧运动对久坐大学生的生活方式影响,较大人群的自我控制产生的影响及时程特点,丰富了该领域的研究。

4 结论与建议

中等强度短时有氧运动会显著提升久坐大学生的自我控制,这一效果可能会出现运动后 30min,并可持续至运动后 60min;高强度短时有氧运动可能会损害久坐大学生的自我控制,并且在 60min 内无法恢复至基线水平。

建议久坐大学生可以选择中等强度的运动锻炼来抵消久坐行为对身心带来的不良影响,而短时有氧运动可以作为大学生疫情封闭管理期间的运动方式。研究人员应进一步关注短时有氧运动与大学生自我控制之间的关系,从多角度分析短时有氧运动影响自我控制的内在机制,探究各因素之间的交互作用,为大学生提供全面合理的运动建议。

参考文献:

- [1] 牛严君,乔玉成.久坐行为对个体健康影响的研究综述[J].南京体育学院学报,2018,1(1):45-49.
- [2] 王 蕾,段子才.减少工作中的久坐:干预方法与效果研究进展[J].中国运动医学杂志,2020,39(2):145-151.
- [3] OSCAR C, JASON B, INEKE V, et al. How sedentary are university students? A systematic review and meta-analysis[J]. Prev Sci, 2020, 21(3):332-343.
- [4] RICHARD P, EOIN M, MARKO T, et al. Sedentary behaviour and risk of all-cause, cardiovascular and cancer mortality, and incident type 2 diabetes: a systematic review and dose response meta-analysis[J]. Eur J Epidemiol, 2018, 33(9):811-829.
- [5] BAUMEISTER R F, VOHS K D, TICE D M. The strength model of self-control[J]. Curr Dir Psychol Sci, 2007, 16(6):351-355.
- [6] 黄珍惠,谭健怡,徐华富,等.新冠肺炎疫情期间医学生手机成瘾与生活行为和心理健康的关联[J].中国学校卫生,2021,42(5):713-718.
- [7] 张智镨,朱凤书,蔡先锋,等.大学新生自我控制在体育锻炼与攻击行为间的中介作用[J].中国学校卫生,2018,39(7):1037-1040.
- [8] 程美超,王 舜.大学生自我控制在体育锻炼与拖延行为间的中介作用[J].湖北体育科技,2020,39(12):1085-1088.
- [9] 朱凤书,周成林,王碧野.体育锻炼降低大学生吸烟依赖性:自我控制的中介作用[J].体育与科学,2014,35(6):109-113.
- [10] LUDYGA S, GERBER M, BRAND S, et al. Acute effects of moderate aerobic exercise on specific aspects of executive function in different age and fitness groups: A meta-analysis[J]. Psychophysiology, 2016, 53(11):1611-1626.
- [11] 王莹莹,周成林.急性有氧运动的强度与抑制能力的剂量关系——来自 ERP 的证据[J].体育科学,2014,34(11):42-49.
- [12] THEMANSO J R, HILLMAN C H. Cardiorespiratory fitness and acute aerobic exercise effects on neuroelectric and behavioral

(下转第229页)

- 践源动力问题[J].档案学通讯,2016(01):30-33.
- [38] 樊梅,张晓林.课程思政视域下《体育之研究》的价值意蕴及实践启示[J].沈阳体育学院学报,2022,41(1):67-75.
- [39] 孙曙光.思政教育融入“用英语讲中国故事”实践课程的研究[J].外语教育研究前沿,2021,4(4):26-33+92.
- [40] 胡壮麟.“语言学教程”与课程思政[J].外语电化教学,2022(05):6-10.
- [41] 李文洁,王晓芳.混合教学赋能高校课程思政研究[J].中国电化教育,2021(12):131-138.
- [42] 孙跃东,曹海艳,袁馨怡.理工科课程思政教学评价指标体系构建研究[J].江苏大学学报(社会科学版),2021,23(6):77-88+112.
- [43] 徐锦芬.高校英语课程教学素材的思政内容建设研究[J].外语界,2021(02):18-24.
- [44] 汪瑞林.中小学“课程思政”的功能及其实现方式[J].课程教材·教法,2020,40(11):77-83.
- [45] 中国共产党新闻网.习近平在全国高校思想政治工作会议上强调:把思想政治工作贯穿教育教学全过程开创我国高等教育事业发展新局面[EB/OL].(2016-12-09)[2021-03-09].http://dangjian.people.com.cn/n1/2016/1209/c17092-289369_62.html.
- [46] 习近平.决胜全面建成小康社会夺取新时代中国特色社会主义伟大胜利——在中国共产党第十九次全国代表大会上的报告[N].人民日报,2017-10-28.
- [47] 体育总局,教育部.关于印发体教融合促进青少年健康发展意见的通知[Z].2020.
- [48] 杨国庆.中国体教融合推进的现实困境与应对策略[J].成都体育学院学报,2021,47(1):1-6.
- [49] 吉煜靖,彭国强.美国学校体育实施体教融合育人的特征及其启示[J].沈阳体育学院学报,2022,41(2):9-16.
- [50] 鲁娜,马艳红.体教融合视域下日本学校体育政策演变对我国青少年体质健康促进的启示[J].沈阳体育学院学报,2021,40(3):40-47.
- [51] 杜雅,李红霞.中华体育精神融入社会主义核心价值观的实现路径——以“体育思政”深化“体教融合”[J].北京体育大学学报,2021,44(6):149-158.
- [52] 吴建忠,苍海,赵月,等.做人生冠军:跆拳道课程思政元素的挖掘与渗透[J].北京体育大学学报,2022,45(6):60-72.

(上接第192页)

- measures of action monitoring[J].Neurosci,2006,141(2):757-767.
- [13] 赵鑫,李冲.短时有氧运动对抑制控制功能的影响:效果、机制及展望[J].中国体育科技,2017,53(2):125-133.
- [14] 陈爱国,殷恒婵,颜军,等.不同强度短时有氧运动对执行功能的影响[J].心理学报,2011,43(9):1055-1062.
- [15] LAMBOURNE K, TOMPOROWSKI P. The effect of exercise-induced arousal on cognitive task performance: a meta-regression analysis[J].Brain Res,2010,1341(none):12-24.
- [16] 杨双燕,周强.久坐行为的流行病学研究与展望[J].中国运动医学杂志,2016,35(5):500-505.
- [17] FRANZ F, EDGAR E, ALBERT-GEORG L, et al. G*Power 3: a flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences[J].Behav Res Methods,2007,39(2):175-191.
- [18] HOTEL J. American college of sports medicine[J].Med Sci Sports Exer,1983,15(2):1-82.
- [19] LEONIE H, CIARAN O, HELEN M, et al. Direct healthcare costs of sedentary behaviour in the UK[J].J Epidemiol Commun H,2019(73):625-629.
- [20] 黄珍惠,谭健怡,徐华富,等.新冠肺炎疫情期间医学生手机成瘾与生活行为和心理健康的关联[J].中国学校卫生,2021,42(5):713-718.
- [21] 屈宁宁,李可基.国际体力活动问卷中文版的信度和效度研究[J].中华流行病学杂志,2004(3):87-90.
- [22] D T P, ROSS A, DEBORAH R, et al. ACSM's new preparticipation health screening recommendations from ACSM's guidelines for exercise testing and prescription, ninth edition[J].Curr Sport Med Rep,2013,12(4):215-217.
- [23] 李煥玉,李卫东,沈鹤军,等.一次性不同时长中等强度运动对超重儿童执行功能的影响[J].天津体育学院学报,2022,37(2):219-225.
- [24] 杨勇涛,万敏,万贤齐.高强度间歇运动与中等强度持续有氧运动对大学生执行功能的影响[J].天津体育学院学报,2021,36(6):733-738.
- [25] NIEMEIER J P, MARWITZ J H, KATRINA L, et al. Gender differences in executive functions following traumatic brain injury[J].Neuropsychol Rehabil,2007,17(3):293-313.
- [26] 莫文.心理学实验中的各种效应及解决办法[J].实验科学与技术,2008,6(6):118-121.
- [27] 项明强.急性有氧运动对自我控制的影响及其脑机制[D].北京体育大学,2018.
- [28] 陈爱国,熊轩,朱丽娜,等.体育运动与儿童青少年脑智提升:证据与理论[J].体育科学,2021,41(11):43-51.
- [29] 郑程浩,张连成,孙立冬.自我控制的力量模型检验:葡萄糖补给量对运动员自我损耗的影响[J].中国运动医学杂志,2019,38(5):372-378.
- [30] 蔡春先,张运亮.运动改善大脑执行功能机制的研究进展[J].成都体育学院学报,2019,45(6):120-126.
- [31] GOLD S M, SCHULZ K, HARTMANN S, et al. Basal serum levels and reactivity of nerve growth factor and brain-derived neurotrophic factor to standardized acute exercise in multiple sclerosis and controls[J].J Neuroimmunol,2003,138(1-2):99-105.
- [32] 李丹阳,张力为.自然环境改善认知和运动任务中的抑制性与坚持性自我控制[J].中国体育科技,2020,56(1):31-44.
- [33] 章慧珍,林家仕,陈建明.成年人体力活动、久坐行为与体质健康关系研究[J].体育科学研究,2021,25(2):54-62.
- [34] 赵敬国,周洁.有效影响认知抑制功能的运动负荷域研究[J].生物医学工程研究,2019,38(2):196-200.