DOI: 10.16835/j.cnki.1000-9817.2025186

· 疾病控制 ·

大学生体力活动与炎症标志物的关联

江唐军[1]，李婷婷[1]，陶舒曼[1,2]，邹立巍[1,2]，杨娅娟[1,2]，陶芳标[1,2]，伍晓艳[1,2]

1.安徽医科大学公共卫生学院儿少卫生与妇幼保健学系，合肥 230032；
2.出生人口健康教育部重点实验室/安徽省环境与人口健康重点实验室

【摘要】 目的 分析大学生体力活动与炎症标志物的关联及剂量反应关系，为促进大学生心血管健康提供参考依据。**方法** 采用整群随机抽样方法，于 2019 年 4—5 月在安徽省合肥市和江西省上饶市 2 所高校抽取 747 名大学生，使用国际体力活动问卷—短卷（IPAQ-SF）评估大学生体力活动，同时采集外周血检测血浆炎症因子水平[超敏 C 反应蛋白（hsCRP）、白介素-10（IL-10）、白介素-1β（IL-1β）、白介素-6（IL-6）、肿瘤坏死因子 α（TNF-α）]。使用 χ^2 检验和双侧 Kruskal-Wallis 秩和检验比较组间差异，采用广义线性模型和限制性立方样条模型分别分析体力活动与炎症标志物的关联及其剂量反应关系。**结果** 大学生低、中、高体力活动组的占比分别为 15.9%，53.7%，30.4%。hsCRP、IL-10、II-1β、IL-6、TNF-α 水平在高体力活动组分别为 0.38（0.21，1.10）mg/L，70.74（47.90，116.43）pg/mL，1.75（1.21，2.64）pg/mL，4.33（2.93，6.82）pg/mL，5.27（3.89，7.30）pg/mL；低体力活动组分别为 0.80（0.31，1.30）mg/L，73.88（47.90，124.24）pg/mL，1.88（1.42，2.81）pg/mL，4.82（3.64，6.67）pg/mL，5.63（4.34，7.62）pg/mL；中体力活动组分别为 0.63（0.25，1.30）mg/L，89.78（58.21，127.65）pg/mL，2.21（1.59，3.27）pg/mL，5.15（3.72，7.72）pg/mL，5.87（4.63，8.00）pg/mL，差异均有统计学意义（H 值分别为 10.66，11.38，27.79，14.13，9.44，P 值均<0.05）。广义线性模型结果显示，调整性别、体质量指数、吸烟、饮酒和健康状况等变量后，与高体力活动组相比，低体力活动（OR=2.20，95%CI=1.46~3.31）和中体力活动组（OR=1.65，95%CI=1.22~2.25）出现高水平 hsCRP 的可能性更高，中体力活动组出现高水平 IL-1β（OR=1.85，95%CI=1.36~2.51）、IL-6（OR=1.44，95%CI=1.06~1.96）、TNF-α（OR=1.43，95%CI=1.05~1.94）的可能性更高（P 值均<0.05）。限制性立方样条模型显示，每周中高强度体力活动时间与 IL-10、IL-6、IL-1β 和 TNF-α 之间存在非线性剂量反应关系（P 值均<0.05）。**结论** 大学生体力活动与炎症之间存在关联；中高强度体力活动有助于降低炎症水平，促进大学生心血管代谢健康。

【关键词】 运动活动；细胞因子类；剂量-反应关联；学生

【中图分类号】 R 179　G 806　R 364.5　**【文献标识码】** A　**【文章编号】** 1000-9817(2025)06-0847-06

Association between physical activity and inflammatory markers in college students/*JIANG Tangjun, LI Tingting, TAO Shuman, ZOU Liwei, YANG Yajuan, TAO Fangbiao, WU Xiaoyan. Department of Maternal, Child and Adolescent Health, School of Public Health, Anhui Medical University, Hefei* (230032), *Anhui Province, China*

【Abstract】 Objective To analyze the association and dose-response relationship between physical activity and inflammatory markers in college students, so as to provide a reference for promoting cardiometabolic health in college students. **Methods** A cluster random sampling method was used to select 747 college students from two universities in Hefei, Anhui Province and Shangrao, Jiangxi Province from April to May 2019. Physical activity was assessed by using the International Physical Activity Questionnaire-Short Form (IPAQ-SF), and peripheral blood was collected to detect plasma inflammatory factor levels [including hypersensitive C-reactive protein (hsCRP), interleukin-10 (IL-10), interleukin-1β (IL-1β), interleukin-6 (IL-6), tumor necrosis factor-α (TNF-α)]. The differences between the groups were compared by using the χ^2 test and the Kruskal-Wallis rank sum test, and the association between physical activity and inflammatory markers was analyzed by using the Generalized Linear Model. The dose-response relationship between physical activity and inflammatory markers was analyzed using the Restricted Cubic Spline Model. **Results** The proportions of low physical activity, moderate physical activity, and high physical activity groups of college students were 15.9%, 53.7% and 30.4%, respectively. The levels of hsCRP, IL-10, IL-1β, IL-6 and TNF-α in the high physical activity group were 0.38(0.21, 1.10) mg/L, 70.74(47.90, 116.43) pg/mL, 1.75(1.21, 2.64) pg/mL, 4.33(2.93, 6.82) pg/mL, 5.27(3.89, 7.30) pg/mL, the levels in the low physical activity group were 0.80(0.31, 1.30) mg/L, 73.88(47.90, 124.24) pg/mL, 1.88(1.42, 2.81) pg/mL, 4.82 (3.64, 6.67) pg/mL, 5.63 (4.34, 7.62) pg/mL, the levels in the moderate physical activity group were 0.63(0.25, 1.30) mg/L, 89.78(58.21, 127.65) pg/mL, 2.21(1.59, 3.27) pg/mL, 5.15(3.72, 7.72) pg/mL, 5.87 (4.63, 8.00) g/mL, and the differences were statistically significant (H=10.66, 11.38, 27.79, 14.13, 9.44, P<0.05). After ad-

【基金项目】 国家自然科学基金项目（82173542，82373592）；安徽医科大学科研水平提升计划资助项目（2022xkjT004）

【作者简介】 江唐军（1999- ），男，安徽安庆人，在读硕士，主要研究方向为儿童青少年健康。

【通信作者】 伍晓艳，E-mail：xywu@ ahmu.edu.cn

justing for variables such as gender, body mass index, smoking, alcohol consumption and health status, the results of Generalized Linear Model showed that compared with the high physical activity group, the low physical activity group (OR = 2.20, 95%CI = 1.46-3.31) and the moderate physical activity group (OR = 1.65, 95%CI = 1.22-2.25) were more likely to have high levels of hsCRP, and the moderate physical activity group was more likely to have high levels of IL-1β (OR = 1.85, 95%CI = 1.36-2.51), IL-6 (OR = 1.44, 95%CI = 1.06-1.96), and TNF-α (OR = 1.43, 95%CI = 1.05-1.94) (P<0.05). The Restricted Cubic Spline Model showed that there was no linear dose-response relationship between the time of moderate-to-vigorous physical activity weekly and IL-10, IL-6, II-1β, and TNF-α (P<0.05). **Conclusion** There is an association between physical activity and inflammation in college students, and moderate to high intensity per week could reduce inflammation levels to promote cardiometabolic health in college students.

【Keywords】 Motor activity; Cytokines; Dose-response relationship; Students

全身慢性低度炎症(简称慢性炎症)是指临床上无明显的炎症反应,但是炎症标志物,如超敏 C 反应蛋白(hypersensitive C-reactive protein, hsCRP)、白介素-1(interleukin-1, IL-1)、白介素-10(interleukin-10, IL-10)、白介素-6(interleukin-6, IL-6)、肿瘤坏死因子 α(tumor necrosis factor-α, TNF-α)等,处于正常值范围内的较高状态[1]。慢性炎症不仅与动脉粥样硬化和心肌梗死等心血管疾病的发生发展有直接关系,还与糖尿病、高血脂和肥胖等心血管危险因素密切相关[2]。长时间的运动训练可以产生持续的抗炎作用[3],而体力活动通过其抗炎过程对心脏提供了保护作用[4-5]。流行病学研究证据也表明,体力活动与全身炎症标志物之间呈负相关[6]。世界卫生组织(World Health Organizaiton, WHO)建议成年人每周应进行至少 150 min 的中高强度体力活动(moderate-to-vigorous physical activity, MVPA)[7];然而大学生体力活动不足普遍流行,西方国家有 23%~60%的大学生未达到此推荐量,中国有超过 40%的大学生未达到此推荐量[8]。研究表明,长时间缺乏运动会导致脂肪组织堆积,过多的脂肪组织会伴随着免疫细胞的浸润、脂肪因子释放的增加和全身低度炎症的发展[9]。肌肉收缩运动期间,IL-6 水平会迅速升高,其生理浓度刺激抗炎细胞因子白介素-1α(interleukin-1α, IL-1α)和 IL-10 增加,并抑制促炎细胞因子 TNF-α 和白介素-1β(interleukin-1β, IL-1β)的产生;此外,IL-6 能刺激脂肪氧化分解以阻止脂肪组织的积累,还可以通过改善血脂水平促进心血管健康,从而限制动脉粥样硬化的产生[10]。因此,本研究分析大学生体力活动与炎症标志物的关联,并探索两者间的剂量反应关系,为改善大学生炎症水平、保护心血管代谢健康提供科学依据。

1 对象与方法

1.1 对象 2019 年 4—5 月,采用整群随机抽样方法,从安徽省合肥市和江西省上饶市采用直接抽选法抽取 2 所高校,从每所高校采用直接抽选法分别抽取 2 个专业,每个专业所有学生作为整体纳入。最后共 1 179名大学生参与问卷调查,排除无效问卷后收回有效问卷 1 135 份,有效率为 96.3%。其中有 771 名大学生进行了血浆炎症标志物的检测。将体力活动的数据与炎症标志物的数据进行匹配,最终纳入 747 名研究对象,其中男生 248 名,女生 499 名;平均年龄(18.82±1.17)岁。本研究遵循“知情同意、隐私保护”的基本原则,并通过安徽医科大学伦理学委员会审查(编号:20170291)。

1.2 方法

1.2.1 问卷调查 使用自编大学生健康相关行为及心理健康问卷进行现场调研,研究对象使用软件扫描二维码填写电子问卷。调查内容包括人口统计学资料(性别、年龄、身高、体重、家庭居住地、自评家庭经济条件等)、自评健康状况、体力活动情况、最近 1 个月吸烟和饮酒情况等。其中使用自填的身高、体重计算体质量指数(body mass index, BMI), BMI = 体重(kg)/[身高(m)]^2;根据中国 18 岁及以上成人 BMI 评判标准[11], BMI<18.5 kg/m^2 为体重过低,18.5~<24.0 kg/m^2 为正常体重,24.0~<28.0 kg/m^2 为超重,BMI≥28.0 kg/m^2 为肥胖,将超重和肥胖合并为一组。

1.2.2 体力活动判定 使用《国际体力活动问卷—短卷》(International Physical Activity Questionnaire-Short Form, IPAQ-SF)评估大学生过去 1 周的体力活动情况[12],收集过去 7 d 内低强度体力活动(即步行)、中等强度体力活动(即快走、以平常速度骑自行车)和高强度体力活动(即提重物、挖掘、有氧运动或是快速骑车)的频率和持续时间。问卷将个体体力活动水平划分为低、中、高 3 组,其代谢当量(metabolic equivalent, MET)赋值分别为 3.3, 4.0 和 8.0[13]。某种强度体力活动水平=该体力活动对应的 MET 赋值×每周频率×每天时间,3 种强度体力活动水平相加即为总体力活动水平[13]。将中等强度体力活动水平和高强度体力活动水平的每周时间(min)相加,计算参与者的 MVPA 时间[14]。使用累计每周 MET-min 将参与者分为 3 类,高体力活动的划分标准为各类高强度体力活动合计≥3 d 且每周总体力活动水平≥1 500 MET-min,或 3 种强度体力活动合计≥7 d 且每周总体力活动水平

≥3 000 MET-min；中体力活动的划分标准为满足每天至少 20 min 的各类高强度体力活动合计≥3 d，或每天至少 30 min 的各类中等强度和/或步行类活动合计≥5 d，或 3 种强度体力活动合计≥5 d 且每周总体力活动水平≥600 MET-min；低体力活动的划分标准为没有报告任何活动，或报告了一些活动，但是不满足上述中、高分组标准[15]。本研究中该量表的 Cronbach α 系数为 0.89。

1.2.3　测试指标及方法　于问卷调查同时进行清晨（6:00—8:00）空腹采血，由医护人员采集并做好编号登记，受试者空腹采集静脉血 5 mL，运送至实验室，静置 2 h 后，以 3 000 r/min 离心 10 min，离心半径 25 cm，提取血清，分装至 500 μL 冻存管，并储存于 -80 ℃冰箱备用。实验前，调查人员准备基质、磁珠、质控、标准品及洗涤液，并采用液相蛋白悬浮芯片检测血浆炎症因子水平。所有分析物的批内变异系数<5%，批间变异系数<20%，低于检测限浓度值用最低检测限（limit of detection，LOD）代替。

1.3　质量控制　实施调查前统一对工作人员进行培训。调查时工作人员说明调查目的和填写注意事项，并告知所有填写内容都将严格保密。工作人员现场指导答疑并同时监控问卷系统后台，要求大学生在课堂环境中 20~30 min 内完成电子问卷。

1.4　统计学分析　采用 SPSS 23.0 和 R 4.3.1 软件进行数据处理。计数资料用频数或百分率描述，计量资料不符合正态分布，用 $M(P_{25}, P_{75})$ 描述。采用 χ^2 检验比较大学生不同体力活动水平在人口统计学指标组间的分布，使用 Kruskal-Wallis 秩和检验比较炎症标志物在不同体力活动组间的差异。采用广义线性模型，以体力活动作为自变量（以高体力活动组作为参照），炎症标志物作为因变量（炎症标志物为偏态分布，按照四分位数转换为分类变量），调整协变量性别、BMI、健康状况、吸烟和饮酒后，分析体力活动和炎症标志物的关联。采用限制性立方样条模型分析 MVPA 时间与炎症标志物的剂量反应关系。检验水准 $\alpha=0.05$。

2　结果

2.1　不同组别大学生各水平体力活动分布　大学生低体力活动、中体力活动和高体力活动组的占比分别为 15.9%（119 名），53.7%（401 名）和30.4%（227 名）。不同性别、BMI、健康状况、吸烟和饮酒天数的大学生体力活动水平分布差异均有统计学意义（P 值均<0.05）。见表 1。

表 1　不同组别大学生体力活动水平分布比较

Table 1　Comparison of distribution of physical activity levels among college students with different groups

人口统计学指标	选项	人数	低体力活动	中体力活动	高体力活动	χ^2 值	P 值
性别	男	248	42(16.9)	94(37.9)	112(45.2)	44.12	<0.01
	女	499	77(15.4)	307(61.5)	115(23.0)		
健康状况	好	445	61(13.7)	231(51.9)	153(34.4)	10.24	0.04
	一般	278	54(19.4)	155(55.8)	69(24.8)		
	差	24	4(16.7)	15(62.5)	5(20.8)		
BMI/(kg·m^{-2})	<18.5	123	17(13.8)	84(68.3)	22(17.9)	20.33	<0.01
	18.5~<24.0	555	94(16.9)	272(49.0)	189(34.1)		
	≥24.0	69	8(11.6)	45(65.2)	16(23.2)		
最近 1 个月吸烟天数/d	0	696	109(15.7)	388(55.7)	199(28.6)	19.39	<0.01
	≥1	51	10(19.6)	13(25.5)	28(54.9)		
最近 1 个月饮酒天数/d	0	583	96(16.5)	332(56.9)	155(26.6)	18.38	<0.01
	≥1	164	23(14.0)	69(42.1)	72(43.9)		
家庭经济条件	好	39	9(23.1)	18(46.2)	12(30.8)	5.62	0.23
	一般	542	79(14.6)	304(56.1)	159(29.3)		
	差	166	31(18.7)	79(47.6)	56(33.7)		
家庭居住地	农村	415	68(16.4)	218(52.5)	129(31.1)	1.35	0.85
	城镇	215	33(15.3)	115(53.5)	67(31.2)		
	市区	117	18(15.4)	68(58.1)	31(26.5)		

注：（）内数字为构成比/%。

2.2　不同体力活动水平分组大学生炎症标志物水平　与高体力活动组相比，低、中体力活动组的炎症标志物的中位数更高，差异均有统计学意义（P 值均<0.05）。见表 2。

表 2　不同体力活动水平分组大学生炎症标志物水平比较[$M(P_{25}, P_{75})$]

Table 2　Comparison of inflammatory marker levels in groups stratified by physical activity levels of college students[$M(P_{25}, P_{75})$]

体力活动	人数	hsCRP/(mg·L^{-1})	IL-10/(pg·L^{-1})	IL-1β/(pg·L^{-1})	IL-6/(pg·L^{-1})	TNF-α/(pg·L^{-1})
低	119	0.80(0.31,1.30)	73.88(47.90,124.24)	1.88(1.42,2.81)	4.82(3.64,6.67)	5.63(4.34,7.62)
中	401	0.63(0.25,1.30)	89.78(58.21,127.65)	2.21(1.59,3.27)	5.15(3.72,7.72)	5.87(4.63,8.00)
高	227	0.38(0.21,1.10)	70.74(47.90,116.43)	1.75(1.21,2.64)	4.33(2.93,6.82)	5.27(3.89,7.30)
H 值		10.66	11.38	27.79	14.13	9.44
P 值		<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01

2.3　大学生体力活动水平与炎症标志物的关联　广义线性模型分析结果显示，在未调整模型中，与高体力活动组相比，低体力活动组出现高水平 hsCRP（OR=2.03）的可能性更高，中体力活动组出现高水平的 hsCRP（OR=1.58）、IL-10（OR=1.58）、IL-1β（OR=2.21）、IL-6（OR=1.69）、TNF-α（OR=1.56）的可能性更高（P 值均<0.05）。调整性别、BMI、吸烟、饮酒和健康状况等变量后，与高体力活动组相比，低体力活动组出现高水平 hsCRP（OR=2.20）的可能性更高，中体力活动组出现高水平 hsCRP（OR=1.65）、IL-1β（OR=1.85）、IL-6（OR=1.44）、TNF-α（OR=1.43）的可能性更高（P 值均<0.05）。见表 3。

表 3　大学生体力活动水平与炎症标志物的关联[*OR* 值(95%*CI*), *n*=747]

Table 3　Associations between physical activity level and inflammatory markers in college students[*OR*(95%*CI*), *n*=747]

调整前后	自变量	hsCRP	IL-10	IL-1β	IL-6	TNF-α
调整前	低体力活动	2.03(1.36~3.03) **	1.14(0.77~1.70)	1.37(0.92~2.04)	1.39(0.93~2.07)	1.29(0.87~1.93)
	中体力活动	1.58(1.18~2.12) **	1.58(1.18~2.12) **	2.21(1.64~2.98) **	1.69(1.26~2.27) **	1.56(1.16~2.09) **
调整后	低体力活动	2.20(1.46~3.31) **	0.99(0.66~1.49)	1.20(0.80~1.80)	1.28(0.85~1.92)	1.21(0.81~1.81)
	中体力活动	1.65(1.22~2.25) **	1.34(0.99~1.82)	1.85(1.36~2.51) **	1.44(1.06~1.96) *	1.43(1.05~1.94) *

注: * *P*<0.05, * * *P*<0.01。

2.4　大学生 MVPA 时间与炎症标志物的剂量反应关系　限制性立方样条模型结果显示,大学生每周 MVPA 时间与 IL-10、IL-6、IL-1β 和 TNF-α 之间存在非线性剂量反应关系(*P* 值均<0.05),阈值分别为 153.77,162.81,144.72,153.77 min,但每周 MVPA 时间与 hsCRP 不存在非线性关系(*P*>0.05)。见图 1。

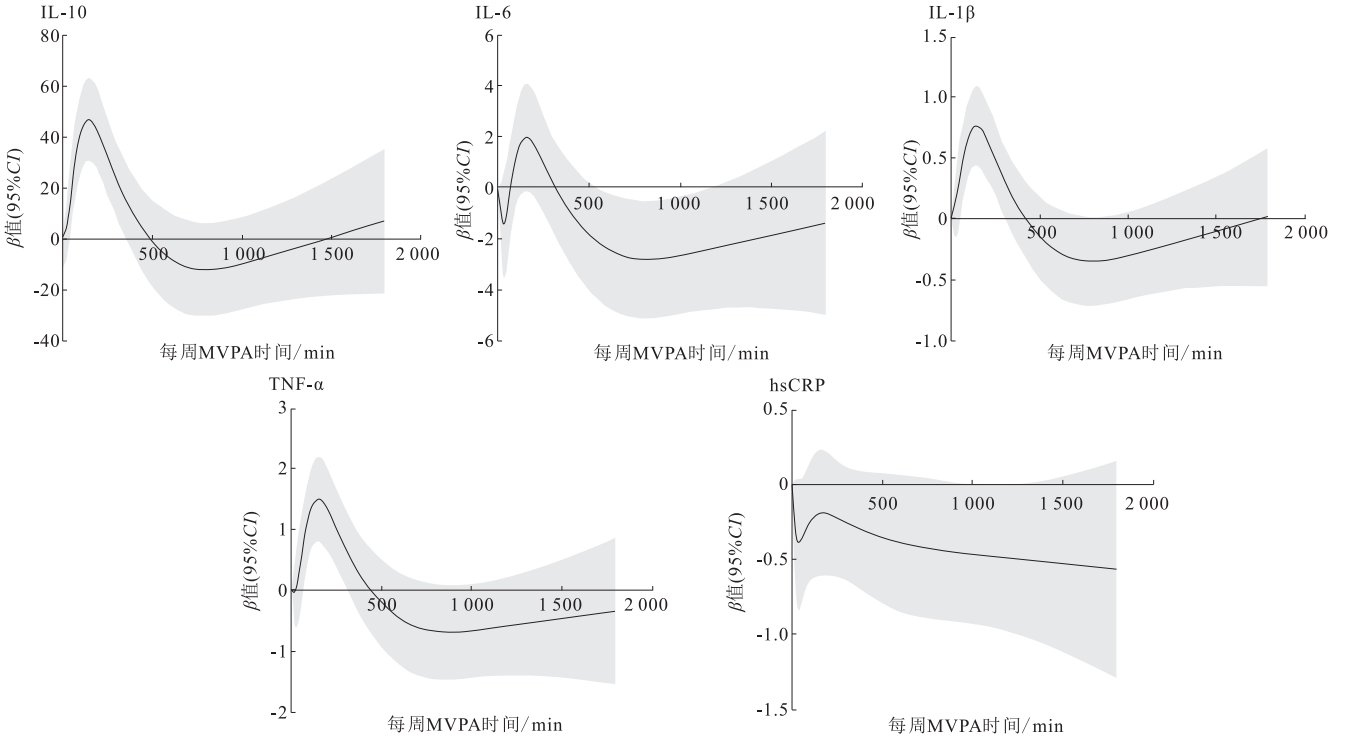


图 1　大学生体力活动与炎症标志物的剂量反应关系

Figure 1　Dose-response relationship between physical activity and inflammatory markers in college students

3　讨论

本研究结果显示,大学生低体力活动的检出率为 15.9%。García 等[16]对大学生的体力活动水平研究发现,低体力活动的检出率为 13.9%。李奕等[17]研究发现,16.4%的武汉高校大学生的日常体力活动处于低水平。有研究表明大学生学习任务重、周围环境因素的影响以及大学生对手机的依赖,使大学生的体力活动显著减少[18]。

广义线性回归分析提示,与高体力活动组相比,hsCRP、IL-6、IL-1β、TNF-α 水平与中体力活动组有较强的关联性,但在低体力活动组中仅有 hsCRP 被发现存在关联。高体力活动组相较中体力活动组可以降低炎症水平,但是在低体力活动组中关联无统计学意义,且风险水平低于中体力活动组,表明 IL-10、IL-6、IL-1β、TNF-α 水平可能与体力活动水平呈非线性关系;IL-10、IL-6、IL-1β、TNF-α 在体力活动水平分组中的四分位数分布也呈现同样的结果。本研究结果显示,炎症标志物的水平随着 MVPA 时间的增加呈先上升后降低的非线性趋势,其阈值约为每周 150 min MVPA,与 WHO 体力活动推荐量一致。先前研究表明,全身低度炎症与肥胖有关,包括脂肪因子、IL-6 和 TNF-α,可能导致心血管疾病的发生,运动干预可在一定程度上抵抗炎症状态和氧化状态,可能是由于运动增强了抗氧化能力和减少了活性氧的产生[19]。

体力活动与炎症存在明显关联,不同的体力活动强度和持续时间会引起不同的炎症反应[20]。在一项干预性研究中,高强度体力活动与老年男性 IL-6 水平下降有关[21]。Jahromi 等[22]研究发现,成年男性经过 8 周耐力训练后,TNF-α 水平降低。在 2 型糖尿病患者中也观察到体力活动与炎症标志物之间的类似关联[23]。以上研究结果均与本研究一致。

久坐行为和缺乏身体活动被认为是胰岛素抵抗(insulin resistance, IR)和 2 型糖尿病发展的重要致病因素[24-26]。有证据表明,即使是短期减少身体活动并增加久坐行为也会导致多器官胰岛素敏感性和肌肉胰岛素敏感性指数降低,并随之增加中枢和肝脏脂肪以及低密度脂蛋白胆固醇[27]。慢性低度全身炎症与 IR 的病理生理学密切相关,由于能量消耗低,不活跃的生活方式会引起腹部重要器官以及肝脏和肌肉细胞内过多的脂质积累[28]。脂肪组织是一种内分泌器官,可调节葡萄糖和脂质代谢,并分泌多种称为脂肪因子的生物活性循环介质,此外还有细胞因子和趋化因子[29]。这些蛋白与免疫系统的成分存在复杂的相互作用,内脏/皮下脂肪组织的积累会导致免疫系统活性和炎性细胞因子循环水平的增加,从而改变胰岛素信号传导并促进 IR[24]。IR 在许多心血管危险因素的发病机制中发挥着重要作用[29-30]。因此,每天进行 2 h 的 MVPA 可以降低大学生心血管代谢风险。

本研究存在一定局限性:第一,研究采用的是横断面设计,限制了研究确定因果关系的能力。第二,研究采用自我报告的方式收集大学生体力活动情况,因此可能无法避免回忆偏倚和报告偏倚。第三,调查过程中,未提前排除近期感冒或者炎症的人群,可能导致 hsCRP 等炎症指标会有影响。研究揭示了大学生体力活动与炎症标志物可能存在的非线性剂量反应关系,每周进行 150 min 的 MVPA 能有效降低炎症水平。提示未来可通过高强度的体力活动干预来降低炎症水平,改善大学生心血管代谢健康。

志谢　感谢上饶师范学院对本研究数据收集给予的支持和帮助。

利益冲突声明　所有作者声明无利益冲突。

参考文献

[1] LIU C H, ABRAMS N D, CARRICK D M, et al. Biomarkers of chronic inflammation in disease development and prevention: challenges and opportunities[J]. Nat Immunol, 2017,18(11):1175-1180.

[2] RUIZ-CANELA M, BES-RASTROLLO M, MARTÍNEZ-GONZÁLEZ M A. The role of dietary inflammatory index in cardiovascular disease, metabolic syndrome and mortality[J]. Int J Mol Sci, 2016,17(8):1265.

[3] GLEESON M, BISHOP N C, STENSEL D J, et al. The anti-inflammatory effects of exercise: mechanisms and implications for the prevention and treatment of disease[J]. Nat Rev Immunol, 2011,11(9):607-615.

[4] AREM H, MOORE S C, PATEL A, et al. Leisure time physical activity and mortality: a detailed pooled analysis of the dose-response relationship[J]. JAMA Intern Med, 2015,175(6):959-967.

[5] JEONG S W, KIM S H, KANG S H, et al. Mortality reduction with physical activity in patients with and without cardiovascular disease[J]. Eur Heart J, 2019,40(43):3547-3555.

[6] HAMER M. The relative influences of fitness and fatness on inflammatory factors[J]. Prev Med, 2007,44(1):3-11.

[7] BULL F C, AL-ANSARI S S, BIDDLE S, et al. World Health Organization 2020 guidelines on physical activity and sedentary behaviour[J]. Br J Sports Med, 2020,54(24):1451-1462.

[8] WEST A B, BOMYSOAD R N, RUSSELL M A, et al. Daily physical activity, sedentary behavior and alcohol use in at-risk college students[J]. Ann Behav Med, 2022,56(7):712-725.

[9] YOU T, ARSENIS N C, DISANZO B L, et al. Effects of exercise training on chronic inflammation in obesity: current evidence and potential mechanisms[J]. Sports Med, 2013,43:243-256.

[10] BEAVERS K M, BRINKLEY T E, NICKLAS B J. Effect of exercise training on chronic inflammation[J]. Clin Chim Acta, 2010,411(11/12):785-793.

[11] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. 成人体重判定: WS/T 428—2013[S]. 北京: 中国标准出版社, 2013:1-2.
National Health and Family Planning Commission of the PRC. Criteria of weight for adults: WS/T 428-2013[S]. Beijing: Standards Press of China, 2013:1-2. (in Chinese)

[12] CRAIG C L, MARSHALL A L, SJÖSTRÖM M, et al. International Physical Activity Questionnaire: 12-country reliability and validity[J]. Med Sci Sports Exerc, 2003,35(8):1381-1395.

[13] AINSWORTH B E, HASKELL W L, WHITT M C, et al. Compendium of physical activities: an update of activity codes and MET intensities[J]. Med Sci Sports Exerc, 2000,32(9 Suppl):S498-S504.

[14] PUCIATO D, BORYSIUK Z, ROZPARA M. Quality of life and physical activity in an older working-age population[J]. Clin Interv Aging, 2017,12:1627-1634.

[15] BLASCO-PERIS C, CLIMENT-PAYA V, VETROVSKY T, et al. International Physical Activity Questionnaire Short Form and accelerometer-assessed physical activity: concurrent validity using six cut-points in HF patients[J]. ESC Heart Fail, 2024,11(1):126-135.

[16] GARCÍA P F, HERAZO B Y, TUESCA M R. Levels of physical activity among colombian university students[J]. Rev Med Chil, 2015,143(11):1411-1418.

[17] 李奕, 万琼, 徐国栋. 武汉地区高校大学生日常体力活动现状调查研究[J]. 江汉大学学报(自然科学版), 2020,48(3):77-83.
LI Y, WAN Q, XU G D. Research on daily physical activity of college students in Wuhan[J]. J Jianghan Univ (Nat Sci Ed), 2020,48(3):77-83. (in Chinese)

[18] LYU J, WEI Y, LI H, et al. The effect of three-circle post standing (Zhanzhuang) Qigong on the physical and psychological well-being of college students: a randomized controlled trial[J]. Medicine, 2021,100(24):e26368.

[19] HERTIŠ PETEK T, PETEK T, MOČNIK M, et al. Systemic inflammation, oxidative stress and cardiovascular health in children and adolescents: a systematic review[J]. Antioxidants, 2022,11(5):894.

[20] FOTOPOULOU C, KHAN T, BRACINIK J, et al. Outcomes of gynecologic cancer surgery during the COVID-19 pandemic: an international, multicenter, prospective covidsurg-gynecologic oncology cancer study[J]. Am J Obstet Gynecol, 2022,227(5):735.e1-735.e25.

[21] JANKORD R, JEMIOLO B. Influence of physical activity on serum IL-6 and IL-10 levels in healthy older men[J]. Med Sci Sports Exerc, 2004,36(6):960-964.

(下转第 856 页)

CHEN R F. Research on the compilation and tracking of College Students' Psychological Crisis Screening Scale[D]. Jinhua: Zhejiang Normal University, 2021. (in Chinese)

[9] GROSS J J, JOHN O P. Individual differences in two emotion regulation processes: implications for affect, relationships, and well-being [J]. J Pers Soc Psychol, 2003, 85(2): 348-362.

[10] 王力,柳恒超,李中权,等.情绪调节问卷中文版的信效度研究[J].中国健康心理学杂志,2007,15(6):503-505.
WANG L, LIU H C, LI Z Q, et al. Reliability and validity of Emotion Regulation Questionnaire Chinese Revised Version[J]. China J Health Psychol, 2007, 15(6): 503-505. (in Chinese)

[11] 蒋奖,鲁峥嵘,蒋苾菁,等.简式父母教养方式问卷中文版的初步修订[J].心理发展与教育,2010,26(1):94-99.
JIANG J, LU Z R, JIANG B J, et al. Revision of the Short-form Egna Minnen av Barndoms Uppfostran for Chinese[J]. Psychol Dev Educ, 2010, 26(1): 94-99. (in Chinese)

[12] 宋琳琳.父母教养方式对初中生攻击行为的影响[D].保定:河北大学,2021.
SONG L L. The influence of parental rearing styles on the aggression behavior of junior high school students[D]. Baoding: Hebei University, 2021. (in Chinese)

[13] JIA Y, WAY N, LING G, et al. The influence of student perceptions of school climate on socioemotional and academic adjustment: a comparison of Chinese and American adolescents[J]. Child Dev, 2009, 80(5): 1514-1530.

[14] 张野,刘致宏,鞠萍,等.感知校园氛围与初中生网络欺凌行为的关系:越轨同伴交往的中介和亲子亲合的调节作用[J].心理与行为研究,2023,21(6):792-798.
ZHANG Y, LIU Z H, JU P, et al. The relationship between perceived school climate and cyberbullying: the mediating roles of deviant peer affiliation and the moderating roles of parent-child cohesion[J]. Stud Psychol Behav, 2023, 21(6): 792-798. (in Chinese)

[15] 尚钊,薛冬羽,郑怡萍,等.基于主题框架分析法的福建省紧密型县域医疗卫生共同体监管现状分析[J].中华医院管理杂志,2023,39(6):411-416.
SHANG Z, XUE D Y, ZHENG Y P, et al. Analysis of the supervision status of intensive countywide medical community in Fujian Province based on thematic frame analysis[J]. Chin J Hosp Adm, 2023, 39(6): 411-416. (in Chinese)

[16] WANG X, HE Y, FENG Z. The antidepressant effect of cognitive reappraisal training on individuals cognitively vulnerable to depression: could cognitive bias be modified through the prefrontal-amygdala circuits? [J]. Front Hum Neurosci, 2022, 16: 919002.

[17] TANG H, LYU J, XU M. Direct and indirect effects of strength-based parenting on depression in Chinese high school students: mediation by cognitive reappraisal and expression suppression[J]. Psychol Res Behav Manage, 2022, 15: 3367-3378.

[18] ZHANG Y, LIU F, MA J, et al. Psychological stress and depression symptoms in nursing undergraduates: the chain mediating effect of cognitive reappraisal and ruminate thinking[J]. BMC Nurs, 2025, 24(1): 8.

[19] 张艳萍,严芳,王海岭."互联网+"辩证行为疗法干预模式在青少年非自杀性自伤干预中的应用研究[J].中国全科医学,2024,27(25):1825-1832.
ZHANG Y P, YAN F, WANG H L. Application research of "Internet +" dialectical behavior therapy intervention model in adolescent non-suicidal self-injury intervention[J]. Chin Gen Pract, 2024, 27(25): 1825-1832. (in Chinese)

[20] 陈郑璇.父母教养方式对大学生问题行为的影响:心理韧性和应对方式的链式中介作用及 CBT 团辅干预研究[D].武汉:华中师范大学,2023.
CHEN Z X. The influence of parenting rearing styles on problem behaviors of college students: a study on the chain mediation of psychological resilience and coping styles and CBT group assisted intervention[D]. Wuhan: Central China Normal University, 2023. (in Chinese)

[21] TAKAHASHI A, TACHIKAWA H, TAKAYASHIKI A, et al. Crisis-management, anti-stigma, and mental health literacy program for university students (CAMPUS): a preliminary evaluation of suicide prevention[J]. F1000Res, 2022, 11: 498.

收稿日期:2025-03-04 **修回日期**:2025-03-14 **本文编辑**:顾璇

(上接第 851 页)

[22] JAHROMI A S, ZAR A, AHMADI F, et al. Effects of endurance training on the serum levels of tumour necrosis factor-α and interferon-γ in sedentary men[J]. Immune Netw, 2014, 14(5): 255-259.

[23] HJELSTUEN A, ANDERSSEN S A, HOLME I, et al. Markers of inflammation are inversely related to physical activity and fitness in sedentary men with treated hypertension[J]. Am J Hypertens, 2006, 19(7): 669-675.

[24] YARIBEYGI H, MALEKI M, BUTLER A E, et al. The impact of incretin-based medications on lipid metabolism[J]. J Diabetes Res, 2021, 2021: 1815178.

[25] KERR N R, BOOTH F W. Contributions of physical inactivity and sedentary behavior to metabolic and endocrine diseases[J]. Trends Endocrinol Metab, 2022, 33(12): 817-827.

[26] FERREIRA J P, DUARTE-MENDES P, TEIXEIRA A M, et al. Effects of combined training on metabolic profile, lung function, stress and quality of life in sedentary adults: a study protocol for a randomized controlled trial[J]. PLoS One, 2022, 17(2): e0263455.

[27] BOWDEN DAVIES K A, SPRUNG V S, NORMAN J A, et al. Short-term decreased physical activity with increased sedentary behaviour causes metabolic derangements and altered body composition: effects in individuals with and without a first-degree relative with type 2 diabetes[J]. Diabetologia, 2018, 61(6): 1282-1294.

[28] VODOVOTZ Y, BARNARD N, HU F B, et al. Prioritized research for the prevention, treatment, and reversal of chronic disease: recommendations from the lifestyle medicine research summit[J]. Front Med, 2020, 7: 585744.

[29] LI M, CHI X, WANG Y, et al. Trends in insulin resistance: insights into mechanisms and therapeutic strategy[J]. Signal Transduct Target Ther, 2022, 7(1): 216.

[30] WONDMKUN Y T. Obesity, insulin resistance, and type 2 diabetes: associations and therapeutic implications[J]. Diabetes Metab Syndr Obes, 2020, 13: 3611-3616.

收稿日期:2025-02-14 **修回日期**:2025-06-02 **本文编辑**:孙曼莉