体育课不同运动负荷对初中生肌肉适能和心肺功能的影响

武海潭¹, 季浏²

1. 上海师范大学体育学院, 上海 200234;

2. 华东师范大学体育与健康学院“青少年健康评价与运动干预”教育部重点实验室

【摘要】 目的 探究体育课不同运动强度和持续性运动时间对初中生体育课运动负荷及学生肌肉力量、肌肉耐力和心肺功能的影响,为科学合理地开展体育运动,增强学生体质健康提供依据。**方法** 在上海 1 所初中学校中选取 6 个班级 226 名学生参与为期 8 周的实验干预。在体育课中嵌入不同强度和持续性时间的运动。6 个班级中分别包含 15 min 大强度和中等强度持续性运动,10 min 大强度和中等强度持续性运动,5 min 大强度和中等强度持续性运动。**结果** 在体育课平均心率、能量消耗、能量代谢当量上各班级间差异均有统计学意义(F 值分别为 18.634, 8.562, 8.162, P 值均 <0.05)。实验前后比较,在握力体重指数上实验 1 班和 3 班,立定跳远上实验 1 班、2 班和 3 班,仰卧起坐上实验 1 班和 3 班,用力肺活量上所有班级,耐力跑上实验 1 班、2 班、3 班、4 班和 5 班学生差异均有统计学意义(P 值均 <0.05)。实验后,握力体重指数进步幅度差异有统计学意义($F=9.165, P=0.000$),实验 4 班、5 班和 6 班分别与实验 1 班和 3 班比较差异有统计学意义,实验 2 班与 6 班比较差异有统计学意义(P 值均 <0.05)。**结论** 体育课嵌入持续性运动时间越长、强度越大对体育课运动负荷提高幅度越大。应保障体育课运动负荷维持在稳定区间。

【关键词】 体育运动;肌肉发育;心脏;肺;学生

【中图分类号】 G 806 R 179 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1000-9817(2017)05-0708-04

Impact of different exercise load in physical education class on muscle fitness and cardiorespiratory function of junior high school students/WU Haitan*, JI Liu.* Shanghai Normal University, Shanghai(200234), China

【Abstract】 Objective The aim of this study was to examine the effects of different movement intensities and continuous movement time on the heart rate, energy expenditure and metabolic equivalent of energy, muscle strength, muscle endurance and cardiorespiratory system of junior high school students, and to provide scientific references for having physical exercise scientifically, and for improving students' physical quality. **Methods** Totally 226 students from 6 classes of a middle school in Shanghai were selected to participate in an experiment in the last 8 weeks. The exercises of different intensity and lasting time were offered in physical education class. The 6 classes were provided with 15-minute continuous exercises of great and moderate intensity, 10-minute continuous exercises of great and moderate intensity and 5-minute ones. **Results** The differences in average HR, EE and MET in PE classes were found of statistical significance($F=18.634, 8.562, 8.162, P<0.01$). By paired-samples t test, the students in experimental class 1 were shown to have significant different GBMI and SU, those in class 1, 2, 3 and 5 were indicated to have significant difference in FVC and ER, while the students in class 4 had a significant difference in ER($P<0.05$). **Conclusion** The larger time of continuous movement and the more intensive movement were offered to the students in the physical education class, the larger increment of exercise load they have got. The exercise load should be controlled in a stable interval during the physical education class.

【Key words】 Sport; Muscle development; Heart; Lung; Students

美国运动医学会和心脏学会在既往研究的基础上发布体力活动与公共健康的建议(2007年),明确提出成年人每周至少有 3 d,每天 30 min 的中等强度有氧运动^[1]。Catenacci 等^[2]研究也证实,运动持续时间长(≥ 10 min)比持续时间短(1~9 min)对减肥效果更

好。同时,不同的持续时间和强度能够引起肺功能的改变^[3]。

规律性体育活动是青少年儿童健康生活方式的重要组成部分^[4]。要获得维持和增进健康的良好效果,每天需进行多次体力活动,每次持续时间应不少于 10 min^[5-6]。然而,目前体育课的运动质量并没有满足学生发展的需要^[7-11],体育课中仅有 8% 的学生能够进行中大强度持续性 10 min 运动^[12],普遍存在运动不足现象。学校体育课是青少年参与体力活动的理想时间,本研究探究体育课中不同运动强度对学生健康效益产生的影响,为科学合理地开展体育运动

【基金项目】 国家社会科学基金青年项目(15CTY013);上海师范大学人文社会科学项目(A-0230-16-001010)。

【作者简介】 武海潭(1985-),男,山东泰安人,博士,讲师,主要研究方向为体育课程与教学。

DOI: 10.16835/j.cnki.1000-9817.2017.05.020

和增强学生体质健康提供依据。

1 对象与方法

1.1 对象 在上海 1 所初中学校中随机选取初中预备年级 6 个班级共 226 名学生,其中女生 101 名,男生 125 名;1 班 38 名,2 班 38 名,3 班 39 名,4 班 38 名,5 班 36 名,6 班 37 名。年龄(11.57 ± 0.55)岁,体重(41.31 ± 11.12)kg,身高(151.0 ± 7.0)cm。实验前告知每位学生及家长,并获得同意。询问学生既往病史、医疗检查、身体状况,排除运动中存在的潜在风险。

1.2 实验设计 体育课由具有 25 年教学经验的专业体育教师担任主试和助理教师协助完成。6 个班级采用相同的教学内容,24 节体育课(3 节/周,共 8 周),主要教学内容包括:篮球 12 节,跳绳 4 节,跳跃类 4 节,游戏类 4 节。每节课包括准备部分(5 min 热身)、基本部分(30 min 传授或复习技能)和结束部分(5 min 放松练习)。体育课干预在基本部分中实施,分别融入中等强度或大强度的持续性体力活动,中等强度心率为 130~160 次/min,大强度心率为 160~190 次/min。准备部分和结束部分不进行干预和控制。6 个班级分别嵌入如下设计,实验 1 班:15 min 大强度持续运动;2 班:15 min 中等强度持续性运动;3 班:10 min 大强度持续运动;4 班:10 min 中等强度持续运动;5 班:5 min 大强度持续性运动;6 班:5 min 中等强度持续性运动。实验开展中采用 SUUNTO 遥测心率仪进行实时监测,体育课教学安排由研究小组进行预实验实施后确定,实验干预起止时间为 2013 年 10—12 月。监测人员进行实时监控并做好记录,助理教师协助,与授课教师保持沟通,误差控制在 ± 1 min。

将各个班级实验对象按照身高、体重、性别进行分组,每次体育课前从不同组中挑选 5 名实验对象(2 男 3 女或 3 男 2 女),要求各个班级实验对象在身高、体重、年龄、性别上具有相似性,每次施测前将被试身高、体重、年龄、性别等个人信息及体育课授课时段信息提前录入加速度计(Actigraph GT3X+),同时将 SUNNTO 心率带与加速度计进行编码,确定每位施测学生。测试仪器为体重计(中国产)、握力测试仪(中国产)、MINATO 肺活量仪器(日本产)、秒表(中国产)。

1.3 测量指标 运用 SUNNTO 遥测心率仪对体育课运动干预部分进行实时监控,同时监测体育课整体运动负荷,被试体育课监测指标包括:体育课平均心率(Heart Rate, HR)、能量消耗(Energy Expenditure, EE)、能量代谢当量(Metabolic Equivalent of Energy, MET)。肌肉力量测试指标包括立定跳远(Standing Long Jump, SLJ)、握力体重指数(Grip of Body Mass Index, GBMI);肌肉耐力指标包括 1min 仰卧起坐(Sit-

up, SU);心肺耐力测试指标包括用力肺活量(Forced Vital Capacity, FVC)、耐力跑(Endurance Running, ER, 男子 1 000 m, 女子 800 m)。

1.4 无关变量控制 (1)为避免主试和学校环境带来误差,选择具有良好运动氛围的学校,同时要求主试为实验班授课。为降低被试个体差异,对被试进行前期体力活动调查,班级人数(平行班)、规律运动行为水平等方面相近群体参与实验。(2)研究采用单盲实验设计。主试对各班级的教学内容具有一致性,清楚不同班级的被试运动负荷设计安排。被试了解参与实验干预,但不了解实验组的设计安排。

1.5 统计分析 所有数据采用 SPSS 22.0 软件进行处理。对肌肉适能和心肺功能指标进行描述性统计(均值 $\pm$ 标准差)、方差分析和配对样本 *t* 检验。对所有变量采用单因素方差分析,并进行事后多重比较,检验水准 $\alpha = 0.05$ 。

2 结果

2.1 不同持续性运动时间和运动强度对各实验班级运动负荷影响 试验 1 班、2 班、3 班学生心率主要集中在 130~150 次/min 之间,实验 4 班、5 班、6 班学生心率主要集中在 120~140 次/min 之间。各班级学生能量消耗和能量代谢当量值呈现出与心率相似的趋势。

通过 ANOVA 方差分析显示,不同持续性运动时间和运动强度对 6 个实验班级运动负荷具有不同影响效果,在心率、能量消耗和能量代谢当量值上差异均有统计学意义。见表 1。

表 1 各实验班初中生运动负荷指标比较

班级	人数	心率/ (次·min ⁻¹)	能量消耗/kJ	能量代谢当量
1 班	38	149.19 $\pm$ 4.58	141.83 $\pm$ 19.46	4.78 $\pm$ 0.47
2 班	38	142.07 $\pm$ 5.56	127.98 $\pm$ 16.72	4.35 $\pm$ 0.51
3 班	39	141.45 $\pm$ 6.47	129.36 $\pm$ 17.14	4.38 $\pm$ 0.49
4 班	38	137.26 $\pm$ 5.11	118.24 $\pm$ 15.80	4.13 $\pm$ 0.43
5 班	36	136.49 $\pm$ 6.31	114.75 $\pm$ 16.81	4.11 $\pm$ 0.49
6 班	37	134.61 $\pm$ 4.48	110.67 $\pm$ 19.04	3.88 $\pm$ 0.51
<i>F</i> 值		18.634	8.562	8.192
<i>P</i> 值		0.000	0.000	0.000

多重比较结果显示,在同等运动强度下,实验 1 班与 2 班、5 班在心率、能量消耗、能量代谢当量值方面差异均有统计学意义(*P* 值均 <0.05);实验 2 班和 5 班在心率和能量消耗方面差异均有统计学意义(*P* 值均 <0.05),而能量代谢当量方面差异无统计学意义(*P* >0.05);实验 2 班与 6 班在心率、能量消耗、能量代谢当量值方面差异均有统计学意义(*P* 值均 <0.05),实验 2 班与 4 班仅心率指标差异有统计学意义(*P* <0.05)。在相同持续性运动时间下,实验 1 班与 2 班在心率、能量消耗和能量代谢当量差异均有统计学意义(*P* 值均

<0.05), 实验 3 班和 4 班在心率和能量消耗差异均有统计学意义(P 值均<0.05)。

2.2 不同测量指标实验前后比较 实验前后比较,在握力体重指数上,实验 1 班和 3 班;立定跳远上,实验

1 班、2 班和 3 班;仰卧起坐上,实验 1 班和 3 班;用力肺活量上所有班级;耐力跑上,实验 1 班、2 班、3 班、4 班和 5 班学生差异均有统计学意义(P 值均<0.05)。见表 2。

表 2 各实验班级初中生实验前后各测试指标比较($\bar{x}\pm s$)

班级	实验前后	人数	统计值	握力体重指数	立定跳远/m	仰卧起坐/ (次·min ⁻¹)	用力肺活量/ (L·s ⁻¹)	耐力跑/s
1 班	实验前	38		42.95±8.05	1.58±0.13	30.66±7.56	1.96±0.38	278.63±44.23
	实验后	38		45.37±9.42	1.61±0.14	34.03±7.80	2.23±0.44	262.71±42.21
			t 值	-3.308	-2.246	-3.515	-7.783	6.668
			P 值	0.002	0.031	0.001	0.000	0.000
2 班	实验前	38		41.23±10.19	1.58±0.17	30.21±9.62	2.11±0.53	285.39±42.82
	实验后	38		41.92±10.18	1.61±0.17	32.05±9.63	2.36±0.45	271.97±43.46
			t 值	-0.727	-1.767	-1.846	-5.849	4.511
			P 值	0.472	0.086	0.073	0.000	0.000
3 班	实验前	39		41.34±8.92	1.59±0.17	29.05±7.22	2.15±0.42	287.23±44.47
	实验后	39		45.05±9.00	1.61±0.18	31.33±7.85	2.34±0.38	274.62±42.23
			t 值	-4.130	-2.496	-2.533	-6.719	7.119
			P 值	0.000	0.017	0.015	0.000	0.000
4 班	实验前	38		41.49±9.96	1.53±0.17	34.34±9.17	2.13±0.41	284.45±52.33
	实验后	38		40.70±11.65	1.60±0.18	35.21±10.09	2.29±0.41	307.55±34.75
			t 值	0.639	-1.004	-0.940	-5.583	4.702
			P 值	0.527	0.322	0.353	0.000	0.000
5 班	实验前	36		41.76±9.92	1.63±0.22	32.31±8.05	2.13±0.36	283.86±50.14
	实验后	36		39.28±10.27	1.62±0.22	32.25±8.54	2.31±0.33	274.67±46.83
			t 值	2.257	-0.824	0.057	-7.544	4.343
			P 值	0.030	0.415	0.955	0.000	0.000
6 班	实验前	37		38.38±8.89	1.60±0.17	32.35±7.02	2.22±0.46	280.49±57.21
	实验后	37		35.57±9.62	1.61±0.17	32.78±6.93	2.33±0.46	275.11±52.41
			t 值	2.363	-0.829	-0.710	-2.202	1.432
			P 值	0.024	0.412	0.482	0.034	0.161

2.3 各班级学生指标水平比较 方差分析的结果表明,实验前 6 个班级的学生在 GBMI, SLJ, SU, FVC 和 ER 上差异均无统计学意义(F 值分别为 0.975, 0.485, 2.087, 1.520, 0.789, P 值均>0.05)。实验后, 6 个班级学生在 GBMI 和 FVC 指标上差异有统计学意义(F 值分别为 5.024, 2.453, P 值均<0.05), 在 SLJ, SU 和 ER 指标上差异无统计学意义(F 值分别为 0.282, 1.066, 0.420, P 值均>0.05)。

多重比较发现, GBMI 进步幅度上, 1 班与 4 班、5 班和 6 班学生, 2 班与 6 班学生, 3 班与 4 班、5 班和 6 班学生差异均有统计学意义(P 值均<0.05)。表明持续性 10 min 以上大强度运动和持续性 15 min 中等强度运动对学生握力体重指数增加具有促进作用。

FVC 进步幅度上, 1 班与 4 班和 6 班学生差异均有统计学意义(P 值均<0.05), 2 班与 6 班学生差异有统计学意义(P <0.05)。持续性 15 min 大强度或中等强度运动与持续性 5 min 中等强度运动相比差异有统计学意义, 持续性 15 min 大强度运动与持续性 10 min 中等强度运动差异有统计学意义。

ER 进步幅度上, 6 班与 1 班、2 班和 3 班学生差异均有统计学意义(P 值均<0.05), 表明持续性 15 min 大强度和中等强度, 持续性 10 min 大强度运动学生分别于持续性 5 min 中等强度运动学生比较差异均有统计学意义。

3 讨论

监测结果显示, 在相同持续性运动时间下, 大强度运动可以提高体育课整体运动负荷, 实验 1 班和 2 班学生 HR, EE 和 MET 差异均具有统计学意义, 实验 3 班和 4 班学生 HR 和 EE 差异具有统计学意义, 实验 5 班和 6 班学生差异无统计学意义。说明 15 min 中等强度与 10 min 大强度运动相比, 10 min 中等强度运动和 5 min 大强度运动相比, 对体育课整体运动负荷影响差异具有统计学意义。在相同运动强度下, 15 min 持续性大强度运动与 5, 10 min 持续性大强度运动对体育课整体运动负荷影响差异具有统计学意义, 5 min 与 10 min 持续性大强度运动对体育课整体 HR 和 EE 差异有统计学意义; 5 min 与 15 min 中等强度持续性运动对体育课整体运动负荷差异有统计学意义; 15 min 与 10 min 中等强度持续性运动对体育课运动心率差异有统计学意义。因此, 持续性运动时间越长、运动强度越大对体育课整体运动负荷水平提高越大。在 GBMI 上, 大强度 15 min 和 10 min 持续性运动对学生有显著改善, 中等强度 15 min 和 10 min 持续性运动学生能够保持原有运动水平, 持续性 5 min 运动则显示学生握力体重指数显著下降。大强度运动持续 15 min 和 10 min 对学生立定跳远改善差异有统计学意义, 持续性 15 min 中等强度运动对女生立定跳远改善差异有统计学意义。大强度持续性 15 min 和 10 min

运动对女生仰卧起坐增加具有显著作用。

本研究发现,持续性 10 min 以上大强度运动对学生肌肉力量和肌肉耐力改善具有显著性作用。与以往研究结果相似^[13-18]。从训练的适应性角度看,力量的改变可能与运动负荷的调整有关^[19],可能是由于运动负荷改变引起神经系统发生变化^[20]。

在 FVC 上,各班级学生均呈现出增长趋势,实验 1 班、2 班与 6 班学生差异有统计学意义,实验 1 班与 4 班差异有统计学意义。在 ER 上,持续性 15 min 大强度和中等强度,持续性 10 min 大强度运动分别与持续性 5 min 中等强度运动差异有统计学意义。持续性时间越长,运动强度越大,对学生 FVC 提高效果越好,持续性 15 min 大强度运动效果好于持续性 5 min 中等强度运动效果。有氧练习和 60%最大力量混合练习对提高女大学生心肺系统(cardiorespiratory system)功能具有积极作用^[21]。Eriksson^[22]的研究中指出,人体心肺功能的增强应与 60%~75%最大心率的运动强度(大强度)和至少 10 min 以上连续不断的运动有关。规律性一周 3 次 20 min 走对久坐行为的青少年降低心血管疾病风险具有显著作用^[23],表明长时间中低强度运动对身体健康具有较好效益。本研究结论显示,持续性中等强度以上运动对学生心肺功能提高具有促进作用,持续性 15 min 大强度运动对学生心肺功能改善效果更好。

4 参考文献

[1] HASKELL W L, LEE I M, PATE R R, et al. Physical activity and public health; updated recommendation for adults from the American college of sports medicine and the American heart association [J]. *Med Sci Sports Exerc*, 2007, 39(8):1423-1434.

[2] CATENACCI V A, GRUNWALD G K, INGEBRIGTSEN J P, et al. Physical activity patterns using accelerometry in the national weight control registry [J]. *Obesity*, 2010, 19(6):1163-1170.

[3] O'KROY J A, LOY R A, COAST J R. Pulmonary function changes following exercise [J]. *Med Sci Sports Exerc*, 1992, 24(12):1359-1364.

[4] CAVILL N, BIDDLE S J H, SALLIS J F. Health enhancing physical activity for young people: statement of the united kingdom expert consensus conference [J]. *Pediatric Exercise Sci*, 2010, 13(13):12-25.

[5] GARBER C E, BLISSMER B, DESCHENES M R, et al. ACSM position stand: quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuro motor fitness in apparently healthy adults: Guidance for prescribing exercise [J]. *Med Sci Sports Exerc*, 2011, 43(7):1334-1359.

[6] POLLOCK M L, GAESSER G A, BUTCHER J D, et al. ACSM position stand: the recommended quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory and muscular fitness, and flexibility in healthy adults [J]. *Med Sci Sports Exerc*, 1998, 30(6):975-991.

[7] MCKENZIE T L, FELDMAN H, WOODS S, et al. Children's activi-

ty levels and lesson context during third grade physical education [J]. *Res Q Exerc Sport*, 1995, 66(3):184-193.

[8] MICHAL B. How much physical activity a week to improve the health-related fitness of Polish schoolchildren? [J]. *Phys Educ Sport*, 2005, 49(3):219-235.

[9] SIMONS-MORTON B G, PARCEL G S, BARANOWSKI T, et al. Promoting physical activity and a healthful diet among children: results of a school-based intervention study [J]. *Am J Public Health*, 1991, 81(8):986-991.

[10] SIMONS-MORTON B G, TAYLOR W C, SNIDE S A, et al. Observed Levels of elementary and middle school children's physical activity during physical education classes [J]. *Prev Med*, 1994, 23(4):437-441.

[11] STONE E J, MCKENZIE T L, WELK G J, et al. Effects of physical activity interventions in youth: review and synthesis [J]. *Am J Prev Med*, 1998, 15(4):298-315.

[12] SLEAP M, WARBURTON P. Physical activity levels of 5-11-year-old children in england: cumulative evidence from three direct observation studies [J]. *Int J Sports Med*, 1996, 17(4):248-253.

[13] 邓树勋,王健,乔德才.运动生理学[M].北京:高等教育出版社,2005:478.

[14] SELIG S E, CAREY M F, MENZIES D G, et al. Moderate-intensity resistance exercise training in patients with chronic heart failure improves strength, endurance, heart rate variability, and forearm blood flow [J]. *J Card Fail*, 2004, 10(1):21-30.

[15] HAYES R M, THOMPSON L M, GRESS T, et al. Effects of a brief physical activity program on young students' physical fitness [J]. *Clin Pediatr (Phila)*, 2015, 54(12):1145-52.

[16] SCHMIDT W D, BIWER C J, KALSCHUEER L K. Effects of long versus short bout exercise on fitness and weight loss in overweight females [J]. *J Am Coll of Nutr*, 2001, 20(5):494-501.

[17] JAMURTAS A Z, KOUTEDAKIS Y, PASCHALIS V, et al. The effects of a single bout of exercise on resting energy expenditure and respiratory exchange ratio [J]. *Eur J Appl Physiol*, 2004, 92(4):393-398.

[18] OSEL-TUTU K B, CAMPAGNA P D. The effects of short-vs. long-bout exercise on mood, VO₂max, and percent body fat [J]. *Prev Med*, 2005, 40(1):92-98.

[19] MONTEIRO A G, AOKI M S, EVANGELISTA A L, et al. Nonlinear periodization maximizes strength gains in split resistance training routines [J]. *J Strength Condit Res*, 2009, 23(4):1321-1326.

[20] RHEA R M, BALL S D, PHILLIPS W T, et al. A comparison of linear and daily undulating periodized programs with equated volume and intensity for strength [J]. *J Strength Cond Res*, 2002, 16(2):250-255.

[21] KIM S, HAN G. Effect of a 12-week complex training on the body composition and cardiorespiratory system of female college students [J]. *J Phys Ther Sci*, 2016, 28(8):2376-2378.

[22] ERIKSSON J G. Exercise and the treatment of type 2 diabetes mellitus an update [J]. *Sports Med*, 1999, 27(6):381-391.

[23] MURTAGH E M, BOREHAM COLIN A G, NEVILL A, et al. The effects of 60 minutes of brisk walking per week, accumulated in two different patterns, on cardiovascular risk [J]. *Prev Med*, 2005, 41(1):92-97.