

女大学生体脂率与身体素质的相关性

王卉^{1,2}, 张崇林^{1,2}, 胡达道¹, 陈万睿¹, 刘红妹¹, 王前进¹, 王世香^{1,2}

1. 井冈山大学体育学院, 江西 吉安 343009; 2. 井冈山大学体质研究中心

【摘要】 目的 揭示女大学生各项身体素质与身体形态之间的关系, 为加强女大学生的健康管理提供理论依据。**方法** 2017 年 3 月随机抽取井冈山大学 633 名健康女大学生, 测试体脂百分比 (BFP) 和去脂体重, 并按 BFP 由低到高将受试者分为体脂偏低、正常、体脂偏高、I 级肥胖、II 级以上肥胖 5 个组, 测试握力、腿力、背力、肺活量、最大摄氧量、反应时、坐位体前屈、双手背勾和闭眼单脚站立等身体素质指标。**结果** 5 个组别女大学生握力、背力、肺活量、最大摄氧量绝对值和相对值、两侧双手背勾、闭眼单脚站立差异均有统计学意义 (P 值均 < 0.05)。进一步的多重比较结果显示, I 级肥胖组与正常组相比, 肺活量升高, 相对最大摄氧量、左背勾、右背勾下降; 与体脂偏高组相比, 相对最大摄氧量、左背勾、右背勾差异有统计学意义 (P 值均 < 0.05)。II 级以上肥胖组与正常组和体脂偏高组相比, 握力、背力、肺活量、绝对最大摄氧升高, 相对最大摄氧量、左背勾、右背勾、闭眼单脚站立降低 (P 值均 < 0.05); II 级以上肥胖组与 I 级肥胖组间除背力和相对最大摄氧量外, 其他指标差异均有统计学意义。**结论** BFP 正常和偏高女大学生的身体素质明显好于肥胖女大学生; BFP 超过 30% 主要使学生的心肺耐力素质、上肢柔韧素质下降, BFP 高于 35% 同时使平衡素质下降。

【关键词】 体脂肪率; 身体素质; 健康促进; 学生

【中图分类号】 G 804.49 R 179 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1000-9817(2019)01-0100-04

Correlation between body fat percentage with physical fitness in female college students/WANG Hui, ZHANG Chonglin, HU Dadao, CHEN Wanrui, LIU Hongmei, WANG Qianjin, WANG Shixiang. Jinggangshan University, Ji'an (343009), Jiangxi Province, China

【Abstract】 Objective To reveal the relationship between physical fitness and body fat percentage (BFP) among female college students. **Methods** During March 2017, BFP and fat free mass were measured among 633 randomly selected healthy female college students. All subjects were divided into five groups based on BFP: low weight, normal weight, high body fat, grade I obesity and grade II/III obesity. Grip strength, leg strength, back strength, vital capacity, maximal oxygen uptake, reaction time, sit-and-reach, back scratch and standing on one foot with closed eyes were tested. **Results** There were significant differences between all groups in grip strength, back strength, vital capacity, the absolute and relative value of VO_{2max} , back scratch on both sides and standing on one foot with closed eyes ($P < 0.05$). Grade I obesity group showed significant higher vital capacity, but lower relative value of VO_{2max} , back scratch in both sides compared with normal group. Significant differences were observed in relative value of maximum oxygen uptake and back scratch in both sides between high body fat group and grade I obesity ($P < 0.05$). Moreover, grade II/III obesity group showed significantly higher grip strength, back strength, vital capacity and absolute VO_{2max} , but lower relative VO_{2max} , back scratch in both sides and standing on one foot with closed eyes compared with normal and high body fat groups ($P < 0.05$). There were significant differences in all the indicators except back strength and the relative VO_{2max} between grade II/III obesity and grade I obesity group ($P < 0.05$). **Conclusion** The results showed that physical fitness of female college students with normal body fat percentage is significantly better than that of obese peers. Body fat percentage confers damage for cardiopulmonary endurance fitness and upper limb flexibility fitness when higher than 30% and for balance fitness when higher than 35%.

【Key words】 Adiposity; Physical fitness; Health promotion; Students

身体成分的“2-组分”模型将人体成分分为体脂重 (fat mass, FM) 和去脂体重 (fat free mass, FFM)^[1-2]。FM 因体力活动和营养等因素变动较大, 通常用体脂重占体重的百分比 (body fat percentage, BFP) 来表示身体成分^[3]。身体质量指数 (body mass index, BMI) 因测量方便快捷、标准统一而被广泛应用, 但最近有研究显示, BMI 对身体成分的评价对体脂高者存在“低估”现象^[4-5]。大量流行病学研究显示,

【基金项目】 教育部人文社会科学研究一般项目 (15YJC890043); 江西省教育规划一般项目 (15YB066); 江西省教育规划重点项目 (17ZD034); 江西省高校人文社科项目 (TY17211)。

【作者简介】 王卉 (1978-), 女, 内蒙乌海人, 博士, 讲师, 主要研究方向为体质与健康、运动与慢性病。

【通讯作者】 张崇林, E-mail: ccnuzel@163.com。

DOI: 10.16835/j.cnki.1000-9817.2019.01.027

高 BFP 是心血管疾病、糖尿病等慢性疾病甚至肿瘤的危险因素^[6-8]。女大学生身体成分相对稳定,体力活动和饮食习惯对肌肉重量和体脂重量影响较大,而 BMI 在评定身体成分时出现的对高 BFP 的低估现象,误导了高 BFP 大学女生的体成分健康评估,对养成良好生活方式极为不利^[9]。另外,高 BFP 大学女生可能在短期内不会有慢性病的显现,但随着年龄增加特别是更年期雌激素下降后体脂迅速堆积,产生较大的健康危害^[10]。目前对于大学生肥胖与身体素质方面的研究多见于以 BMI 为体成分分级标准^[11-15]。本研究拟以在校大学女生为研究对象,分析不同 BFP 女大学生体质健康状况,为加强大学女生的健康管理提供理论依据。

1 对象与方法

1.1 对象 2017 年 3 月采用随机整群抽样法,以学生自由选课形成的大学体育上课班级为单位,从井冈山大学非体育专业抽取 651 名大一和大二女生为研究对象,剔除年龄不满 18 岁并排除以下情况:(1)长期服用改变体成分的药物如治疗内分泌疾病和自身免疫性疾病的类固醇药物;(2)消耗性疾病如癌症或器官衰竭;(3)怀孕;(4)植入性电子医疗器械。剔除测试数据缺失严重者,得到符合要求的学生共 633 名。本研究得到井冈山大学医学伦理委员会批准,受试者测试前均签署知情同意书。女大学生年龄范围在 18~24 岁,平均(19.60±1.06)岁。

1.2 指标测量

1.2.1 身体形态 身高、体重采用日本 TANITA WB-510 型身高体重测试仪测量;体脂百分比(BFP)和去脂体重采用日本 TANITA MC-180 身体成分分析仪测量,此测试方法采用八电极、多频率生物电阻抗原理^[16]。Hainer 等^[17]发现,TANITA 仪与水密度法显著相关($r=0.95$),可以作为一种便捷、无创且准确性较高的 BFP 测试方法在较大样本测试时采用^[18-19]。

1.2.2 力量素质 握力采用日本株式会社 TKK 体质测试系统按照仪器要求标准测量;腿力和背力采用德国 ISOMED 2000 等速肌力测试训练系统测量。

1.2.3 心肺耐力素质 肺活量采用日本株式会社 CHESTGRAPH HI-101 型呼吸机能测定仪测量;心率采用 POLAR 表测量,安静心率要求静坐 5 min 后测试;最大摄氧量(VO_{2max})采用 Astrand-Ryhniy 法推测^[20],计功器采用德国 ERGOSELECT 200 型功率自行车测量。

1.2.4 灵敏和平衡素质 闭眼单脚站立和反应时采用日本株式会社 TKK 体质测试系统按照仪器要求标准测量。

1.2.5 柔韧素质 坐位体前屈采用日本株式会社 TKK 体质测试系统按照仪器要求标准测量;双手背勾测量方法为一只手从肩上向背后下方伸,另一只手从腋下向背后上方伸,尽量让双手重叠,到不能伸为止,直尺测量双手中指重叠的长度,记为正数;不能重叠者,测量双手中指间的距离,记为负数;测量左手在上和右手在上 2 个动作,分别记作左背勾和右背勾。

1.3 BFP 等级节点 BFP 分级节点目前世界卫生组织尚未提出统一标准,本研究参考卫生部疾病预防控制中心和孙庆祝等^[21-22]提出的分级标准($<18\%$, $18\% \sim <25\%$, $25\% \sim <30\%$, $30\% \sim <35\%$, $\geq 35\%$ 分别为 1~5 组,即体脂偏低组、体脂正常组、体脂偏高组、I 级肥胖组、II 级以上肥胖组)分为 5 组。

1.4 统计分析 采用 SPSS 25.0 软件包进行统计分析,数据采用(平均值±标准差)表示,统计方法包括单因素方差分析、LSD 法,以 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 不同 BFP 女大学生身体形态指标比较 由 BFP 判定的女大学生体脂偏高率为 36.2%,I 级肥胖率为 25.4%(161 名),II 级及以上肥胖率为 9.2%(58 名),体脂偏低、正常、体脂偏高分别为 14,171,229 名。各组间身高差异无统计学意义($P>0.05$),体重和 BMI 在各组间差异均有统计学意义(P 值均 <0.05)。去脂体重随体脂百分比升高呈逐级升高的趋势,其中 5 组高于其他各组,4 组高于 2,3 组(P 值均 <0.01)。见表 1。

表 1 不同 BFP 组别女大学生身体形态指标比较 ($\bar{x} \pm s$)

组别	人数	身高/cm	体重/kg	BMI/($\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$)	去脂体重/kg
1	14	156.60±5.74	43.43±3.96	17.69±0.92	35.96±3.58
2	171	157.80±5.00	46.19±3.99	18.55±1.29	35.71±2.93
3	229	158.10±5.51	49.97±4.37	19.98±1.33	36.30±3.97
4	161	158.60±5.27	55.33±5.02	21.99±1.42	37.58±3.19
5	58	159.70±5.86	65.69±7.84	25.73±2.36	40.13±3.65
<i>F</i> 值		1.86	215.20	324.80	26.45
<i>P</i> 值		0.12	<0.01	<0.01	<0.01

2.2 女大学生 BFP 与身体素质的关系 方差分析结果显示,背力、握力、肺活量、闭眼单脚站立、两侧双手背勾、最大摄氧量绝对值和相对值组间差异均有统计学意义(P 值均 <0.05),安静心率、反应时、坐位体前屈、腿力各组间差异均无统计学意义(P 值均 >0.05)。LSD 比较显示,2 组肺活量低于 4 组,2 组与 3 组相对 VO_{2max} 、左背勾、右背勾均高于 4 组,5 组与 2 组所有指标差异均有统计学意义,5 组与 3 组间所有指标差异均有统计学意义(P 值均 <0.05);5 组与 4 组间除背力和相对 VO_{2max} 外,其他指标差异均有统计学意义(P 值均 <0.05)。见表 2。

表 2 不同 BFP 组别女大学生身体素质指标比较 ($\bar{x}\pm s$)

组别	人数	握力/kg	腿力/kg	背力/kg	心率/(次·min ⁻¹)	肺活量/mL	相对 VO _{2max} /
							[mL·(min·kg) ⁻¹]
1	14	22.12±4.38	62.14±18.80	44.64±12.79	87.64±9.15	2 608.0±353.2	51.02±11.95
2	171	22.09±3.95	57.58±15.80	42.27±13.27	83.28±9.38	2 588.0±514.9	44.22±11.41
3	229	22.63±3.94	59.09±17.99	44.54±12.64	84.11±9.32	2 705.0±620.8	40.28±10.49
4	161	22.74±3.85	58.88±15.86	44.99±11.91	82.00±9.59	2 731.0±533.7	37.56±9.19
5	58	24.09±4.64	60.74±20.36	48.26±14.87	84.84±9.59	2 984.0±690.0	35.73±9.38
F 值		2.79	0.55	2.57	2.25	5.25	15.42
P 值		0.03	0.70	0.04	0.06	0.00	0.00

组别	人数	绝对 VO _{2max} /	反应时/s	坐前屈/cm	左背勾/cm	右背勾/cm	闭眼单脚站立/s
		(L·min ⁻¹)					
1	14	2.21±0.56	0.36±0.05	12.87±5.51	6.38±5.95	11.83±4.96	60.29±38.67
2	171	2.04±0.54	0.37±0.06	14.12±6.45	10.23±5.66	13.04±4.89	62.93±36.02
3	229	2.00±0.52	0.38±0.07	13.59±6.36	9.62±5.46	12.95±4.62	66.33±36.16
4	161	2.07±0.51	0.39±0.07	13.17±6.74	8.45±5.00	11.68±4.75	63.17±35.18
5	58	2.33±0.61	0.39±0.07	13.60±6.37	5.54±5.58	8.92±4.40	45.90±35.15
F 值		4.81	1.94	0.50	10.08	10.29	3.79
P 值		0.00	0.10	0.74	0.00	0.00	0.01

3 讨论

力量素质的大小主要取决于肌纤维横断面积的大小,与体成分中肌肉重量直接相关^[23]。本研究中大学生的去脂体重Ⅱ级以上肥胖组高于其他各组,Ⅰ级肥胖组高于体脂正常组和偏高组,可能是由于体脂越高的人群体重越大,在日常生活中要克服更大的自身重量做功,使肌肉含量增多。研究结果显示,Ⅱ级以上肥胖组握力和背力均高于 BFP 正常组和偏高组,握力Ⅱ级以上肥胖组高于Ⅰ级肥胖组,腿力差异无统计学意义。提示体脂率等级与上肢力量和核心力量关系更密切。有研究采用立定跳远、仰卧起坐等需要克服自身重量做功的指标反映肌肉力量素质,结果显示,力量素质与 BMI 呈负相关^[14],采用直接测力指标者则呈正相关^[13]。本研究结果与之一致。

心肺耐力是反映人体在维持一定强度对外做功时心肺和血管功能的指标,是人体功能和健康评定中的重要指标,反映心肺耐力的最佳指标是 VO_{2max}^[23]。本研究结果显示,Ⅱ级以上肥胖组 VO_{2max} 高于Ⅰ级肥胖组、体脂正常组和偏高组,可能是由于Ⅱ级以上肥胖组去脂体重和肺活量均高于其他各组。与绝对 VO_{2max} 相比,相对 VO_{2max} 消除了体重的影响,在个体间进行比较能更好反应一个人的最大摄氧量水平^[23]。本研究中,相对 VO_{2max} 除 2 个肥胖组间差异无统计学意义外,其他各组间均存在 BFP 与之成反比关系。提示随 BFP 的增加,心肺功能下降,与已证实的研究肥胖、超重者心肺功能相对较差的结果一致^[12]。由于肥胖、体脂偏高者肺的气体交换和对氧的利用比体脂正常者相对较差,耗氧量相对较多,在耐力运动中容易出现供氧不足和 CO₂ 潴留^[24],加之又要长时间克服自身过大的体重做功,进一步影响耐力素质水平。因而肥胖越严重,心肺耐力素质也越差。另外,本研究中体脂偏低组绝对 VO_{2max} 虽然与其他各组差异无统计学意义,但平均值接近Ⅱ级以上肥胖组,变化趋势异

于其他各组,结合其在去脂体重、肺活量和力量素质等指标中,趋势也与其他各组不一致,推测体脂偏低组人群可能具有运动习惯,规律的运动锻炼增强了心肺耐力^[25]。

灵敏素质是一项复杂的综合素质,与力量、反应、速度、爆发力和协调性等均密切相关。灵敏性与大脑皮质的功能状态、感觉器官和效应器官的功能状态以及运动技能的掌握程度密切相关^[23]。本研究采用反应时作为反映灵敏素质的指标,结果显示,各组间差异无统计学意义;但随着体脂率的增加,反应时平均值呈逐级延长趋势。提示 BFP 升高,肌肉由于需克服较大的自身重量,收缩的速度降低,使行动的灵活性和协调性受到影响^[24],可能是导致灵敏素质降低的潜在因素。

柔韧素质决定因素有关节的骨性结构,关节周围肌肉、韧带组织的伸展性,关节周围组织的体积,神经系统兴奋与抑制过程转换的灵活性和肌肉力量;而 BFP 增高可导致关节周围组织体积增大,使柔韧性降低^[23]。本研究通过测试双手背勾反映上肢的柔韧性,测试坐位体前屈反映下肢的柔韧性,结果显示,各组间坐位体前屈差异无统计学意义,双手背勾中左背勾体脂正常组最好,体脂偏高组次之,2 组间差异无统计学意义,但均高于包括体脂偏低组在内的其他各组,Ⅰ级肥胖组亦高于Ⅱ级以上肥胖组;右背勾变化趋势与左背勾相似,不过体脂偏低组略好于左背勾水平,与体脂正常组和偏高组差异无统计学意义,但高于Ⅱ级以上肥胖组。提示 BFP 升高增加了关节周围的成分,柔韧素质下降,BFP 超过 30% 会影响上肢柔韧素质。肥胖组下肢柔韧素质无明显变化,可能是由于女大学生属于未育人群,体脂分布较匀称,腹部脂肪堆积的情况尚未出现群体规模^[26]。本研究中 BFP 偏低组柔韧性较体脂正常组差,结合去脂体重较高综合分析认为,可能关节周围肌肉较丰厚,使柔韧素质降低。

平衡素质除与身体结构的完整和对称性有关外,还与前庭器官、视觉器官、本体感受器、大脑平衡调节、小脑共济协调以及肢体肌群力量、肌张力之间的相互平衡等密切相关,与身体脂肪含量及体重关系不大^[23]。但本研究结果显示,II 级以上肥胖组闭眼单脚站立时间均值比其他各组都低,且与除体脂偏低组外的其他各组差异均有统计学意义,而其他各组间差异无统计学意义。平均值趋势显示,从体脂偏低组至 I 级肥胖组均值略有起伏,II 级以上肥胖组呈断崖式下降,提示体脂超过 35% 可导致平衡功能大幅下降,其原因一方面可能是由于体重增加,单脚站立时足底承重过大,长时间站立疲劳所致;另一方面可能是体重增加导致惯性增大,身体晃动时增加了调节平衡的难度,从而导致了该结果。

综上所述,体脂百分比过高除了影响女大学生的身体形态以外,对身体素质和身体功能也会产生一定的不良影响,并且肥胖程度越高,影响越大。因此,高校应当加强大学女生的健康教育和健康管理,树立正确的体成分健康观。

4 参考文献

- [1] BOILEAU R A, LOHMAN T G. The measurement of human physique and its effect on physical performance[J]. *Orthop Clin North Am*, 1977, 8(3): 563-581.
- [2] BROZEK J, GRANDE F, ANDERSON J T, et al. Densitometric analysis of body composition: revision of some quantitative assumptions[J]. *Ann N Y Acad Sci*, 1963, 26(110): 113-140.
- [3] 全国体育学院教材委员会. 运动医学[M]. 北京: 人民体育出版社, 2001.
- [4] HUNG S P, CHEN C Y, GUO F R, et al. Combine body mass index and body fat percentage measures to improve the accuracy of obesity screening in young adults[J]. *Obes Res Clin Pract*, 2017, 11(1): 11-18.
- [5] GOMEZ-AMBROSI J, SILVA C, GALOFRÉ J C, et al. Body mass index classification misses subjects with increased cardiometabolic risk factors related to elevated adiposity[J]. *Int J Obes*, 2012, 36(2): 286-294.
- [6] KOTSIS V, TSIOUFIS K, ANTZA C, et al. Obesity and cardiovascular risk: a call for action from the European Society of Hypertension Working Group of Obesity, Diabetes and the High-risk Patient and European Association for the Study of Obesity: part B: obesity-induced cardiovascular disease, early prevention strategies and future research directions[J]. *J Hypertens*, 2018, 36(7): 1441-1455.
- [7] EZEH U, PALL M, MATHUR R, et al. Association of fat to lean mass ratio with metabolic dysfunction in women with polycystic ovary syndrome[J]. *Hum Reprod*, 2014, 29(7): 1508-1517.
- [8] CHOBOT A, GÓROWSKA-KOWOLIK K, SOKOŃSKA M, et al. O-

- besity and diabetes-not only a simple link between two epidemics[J]. *Diab Metab Res Rev*, 2018, 34(7): e3042.
- [9] KUPUSINAC A, STOKI E, SUKI E, et al. What kind of relationship is between body mass index and body fat percentage? [J]. *J Med Syst*, 2017, 41(1): 5.
- [10] LWIN R, DARNELL B, OSTER R, et al. Effect of oral estrogen on substrate utilization in postmenopausal women [J]. *Fertil Steril*, 2008, 90(4): 1275-1278.
- [11] 杨梦利, 姜晓民, 彭玉林, 等. 大学生 BMI 与身体素质指标的相关性[J]. *中国学校卫生*, 2013, 34(9): 1093-1095, 1098.
- [12] 尹小俭, 杜建强, 季浏, 等. 中国大学生体质健康变化趋势的研究[J]. *北京体育大学学报*, 2012, 35(9): 79-84.
- [13] 王少春, 闻一平. 不同 BMI 等级大学生间身体素质的比较研究[J]. *中国体育科技*, 2007, 43(5): 72-74, 93.
- [14] 柏杨, 顾新红, 倪伟. BMI 异常对大学生体质健康指标的影响[J]. *中国体育科技*, 2005, 41(2): 138-139, 143.
- [15] 李静. 肥胖对大学生身体素质影响的研究[J]. *北京体育大学学报*, 2002, 25(4): 484-486.
- [16] MEDICI G, MUSSI C, FANTUZZI A L, et al. Accuracy of eight-polar bioelectrical impedance analysis for the assessment of total and appendicular body composition in peritoneal dialysis patients[J]. *Eur J Clin Nutr*, 2005, 59(8): 932-937.
- [17] HAINER V, KUNESOVÁ M, PARÍZKOVÁ J, et al. Body fat assessment by a new bipedal bioimpedance instrument in normal weight and obese women[J]. *Sborník Lé Karský*, 1995, 96(3): 249-256.
- [18] SHAFER K J, SIDERS W A, JOHNSON L K, et al. Validity of segmental multiple-frequency bioelectrical impedance analysis to estimate body composition of adults across a range of body mass indexes[J]. *Nutrition*, 2008, 25(1): 25-32.
- [19] COMBEST T M, HOWARD R S, ANDREWS A M. Comparison of circumference body composition measurements and eight-point bioelectrical impedance analysis to dual energy X-ray absorptiometry to measure body fat percentage[J]. *Mil Med*, 2017, 182(7): e1908-e1912.
- [20] 全国体育院校教材委员会. 运动生理学实验指导[M]. 北京: 人民体育出版社, 2005.
- [21] 中华人民共和国卫生部疾病预防控制局. 中国学龄儿童少年超重和肥胖预防与控制指南[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2008: 54-55.
- [22] 孙庆祝, 郝文亭, 洪峰. 体育测量与评价[M]. 2 版. 北京: 高等教育出版社, 2011.
- [23] 王瑞元, 苏全生. 运动生理学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2012.
- [24] 孙茂森, 强梅, 邢玉梅, 等. 儿童肥胖对机体机能素质发育的影响[J]. *中国公共卫生*, 1994, 10(12): 539-541.
- [25] MORINAKA T, LIMTRAKUL P N, MAKONKAWKEYOON L, et al. Comparison of variations between percentage of body fat, body mass index and daily physical activity among young Japanese and Thai female students[J]. *J Physiol Anthropol*, 2012, 15(31): 21.
- [26] 张荣欣, 薛长勇, 郑子新, 等. 成人 BMI 与体脂含量和脂肪分布的关系[J]. *营养学报*, 2002, 24(2): 144-148.

收稿日期: 2018-09-21; 修回日期: 2018-11-04