

不同体型男大学生 BMI 筛查肥胖差异性比较

陆森召

(南京航空航天大学 体育部, 江苏 南京 210016)

摘 要:比较不同体型男大学生 BMI 筛查肥胖的准确性和差异性。随机抽取江苏某高校 1 596 名一年级和三年级男大学生的截面数据,以男性体脂率 $\geq 25\%$ 的肥胖金标准诊断 BMI 的肥胖筛查性能。结果:(1)BMI 定义的男性肥胖全体检出率为 6.77%,而体脂率定义的肥胖检出率为 12.59%,差异率为 46.23%。(2)与 BMI $\geq 24\text{kg}/\text{m}^2$ 超重检出率的组间相比,得到的真实性评价、收益评价都偏低;与矮个组和矮胖组的组内相比,高个组和高胖组在检验体脂率定义肥胖的敏感性更低、特异性更高;(3)ROC 曲线分析得出的曲线下面积和敏感性显示高个和高胖人群偏低;(4)BMI 存在一定的体成分混淆信息。结论:(1)BMI 对男大学生的肥胖诊断准确性有限,比体脂率筛查肥胖的“金标准”要宽松得多。(2)不同体型的 BMI 肥胖检出率明显不均衡,尤其是高个和高胖人群的误差更大,普遍偏高。(3)在使用 BMI 诊断肥胖时,除了性别、年龄和种族等因素之外,建议将体型也纳入差异影响因素进行考量。

关 键 词: 身体质量指数;体脂率;肥胖诊断;体型;男大学生

中图分类号: G804.2 文献标志码: A 文章编号: 1006-7116(2021)04-0112-07

The comparison of obesity differences in BMI screening among male college students with different body shapes

LU Sen-zhao

(Department of Physical Education, Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, Nanjing 210016, China)

Abstract: This study aims to compare the accuracy and difference of BMI screening for obesity among male college students with different shapes. Cross-sectional data of 1596 male college students in first and third grades from a university in Jiangsu were randomly selected, and the obesity screening performance of BMI was diagnosed according to the gold standard of male body fat rate $\geq 25\%$. The results showed that: (1) the overall detection rate of male obesity defined by BMI was 6.77%, while the detection rate of obesity defined by body fat rate was 12.59%, with a difference rate of 46.23%; (2) compared with the group with BMI $\geq 24\text{kg}/\text{m}^2$ overweight detection rate, the authentic evaluation and profit evaluation obtained in reality were all lower; compared with the short group and short-fat group, the tall group and the high-fat group in the test of body fat rate and the definition of obesity had lower sensitivity and higher specificity; (3) the area under the curve and the sensitivity obtained by ROC curve analysis showed that the tall and tall-obese people were lower; (4) there is certain body composition confusion information in BMI. The conclusions were that: (1) the accuracy of BMI in the diagnosis of obesity in male college students is limited, and all male students and male students in every group are much looser than the "gold standard" of body fat rate screening for obesity. (2) The detection rate of BMI obesity of different body shapes is obviously unbalanced, especially for tall and tall-obese people the error is usually greater and generally higher. (3) When using BMI to diagnose obesity, in addition to factors such as gender, age, and race, it is recommended that body shape should also be included in the differential influencing factors for further consideration.

Key words: body mass index; body fat rate; obesity diagnosis; body shape; male college students

肥胖是引起糖尿病、心脏病、中风和某些癌症的重要危险因素之一^[1]。在肥胖率以上升和资源有限(贫困地区尤需关注)为特征的医疗环境中,迫切需要一个花费少且普及性高的方法,且在早期就能较准确地识别出罹患心脏代谢病风险最大的肥胖个体。身体质量指数(BMI)是目前用于识别个体肥胖病进一步评估心脏代谢风险的最广泛使用的方法。BMI 是 19 世纪中期 Adolphus Quetelet 首次提出,其依据是体脂肪与体格正常的成年人的体重成正比,后来被广泛应用于人体成分测量^[2],成为目前国际上推荐的判断肥胖的身体形态指标。然而,单纯将 BMI 作为肥胖筛查标准受到广泛质疑,比如有研究甚至发现较高的 BMI 可能带来令人惊讶的健康效益^[3],这可能是由于 BMI 无法区分脂肪和瘦体重,进而会将肌肉质量误分类为身体脂肪^[4],因此其诊断性能有限。基于这个混淆因素,人们也会推测出 BMI 可能高估了运动员以及一些体力活动更活跃的工作人群的超重和肥胖情况^[5]。然而,哈佛大学公共卫生学院的 Porto 教授及其团队发现 BMI 并没有高估优秀体能水平的消防人员的肥胖发生率,该结论反证了无法区分脂肪和瘦体重的论断,可见 BMI 可能与错误划分肌肉质量的关系也不是太密切。另有不少研究从不同性别、年龄、种族的角度进行了验证,明确了 BMI 诊断肥胖的准确性是有限的^[6-12]。基于这些研究发现,国外欧美人群为研究对象的结论中,男性偏差较大;而国内研究也指出,成年人的 BMI 肥胖筛查标准表现出特异性高、灵敏性过低,尤其是城市男性和女性偏差较大。有趣的是,欧美男性和中国城市男性的一个共同点可能是相对同类测试人群中的身高和体重都偏高。体型或是影响准确性的另一个因素,却被忽视。鉴于大多数情况下,在 BMI 评估身体成分时,误分类是一个重要的考虑因素^[13-15],本研究将从高、矮、高胖、高瘦、矮胖、矮瘦、全体共 7 个不同体型的角度,尝试验证和比较大学男生 BMI 的肥胖诊断准确性。

1 研究对象与方法

1.1 研究对象

一是为计算平均身高而分层整群抽取某高校国家学生体质健康测试中 8 619 名大一、大三年级男生数据,身高为 (1.74 ± 0.06) m, BMI 为 (22.19 ± 3.40) kg/m²;二是为有效收集体成分和身高体重数据而在大一、大三年级中随机抽取 1 596 名男生,无身体残疾及诊断疾病,且均取得本人的知情同意,并签订知情同意书,身高为 (1.74 ± 0.04) m, 体重为 (67.56 ± 11.82) kg, BMI 为 (22.19 ± 3.46) kg/m²。

以 8 619 名男生的平均身高 1.737 m 为标准,高于这个身高的定义为“高个”人群,低于这个身高的定义为“矮个”人群。接下来,在含有体成分的 1 596 名男生数据中,将定义为“高”的数据筛选出来,计算平均体重为 (71.51 ± 11.84) kg, BMI 为 (22.30 ± 3.44) kg/m²,之所以不使用全体男生的平均体重为标准,是因为较高的男生按照常识理应体重相对重一些。将这含有体成分的数据中,高于平均体重的学生定义为“高胖”人群,低于平均体重的学生定义为“高瘦”人群。同理,计算矮个子中的平均体重为 (62.69 ± 9.86) kg, BMI 为 (20.01 ± 3.36) kg/m²,并划分出“矮胖”和“矮瘦”人群,加上全体男生人群,共有 7 个人群。

1.2 研究方法

参照《国家学生体质健康标准》测试规范采集测试对象的身高、体重数据,计算 BMI。体成分测试方法采用生物电阻抗分析法,有关生物电阻抗分析法已经作为一种科学测量体成分的方法得到广泛认同和应用^[16-18]。并且,在较大规模样本测试时,得益于该方法的高精度、易用性、无辐射和相对较低的成本等,被公认为一种测量身体脂肪的可行替代方法^[19]。由此,本研究采用德国赛康(SECA515)医用人成分分析仪进行测试,其适应性在其他学术研究中得以验证^[20-22],要求不能佩戴任何金属物品及其他高密度物体。测试时间在:2017年9月11日—2017年9月24日。测试地点在某高校体质健康实验中心。以世界卫生组织推荐的体脂率判定标准(男性 $F\% \geq 25\%$)^[23]作为肥胖判定的“金标准”,文中体脂率是根据测得的脂肪含量÷体重来得出,并以中国肥胖问题工作组研制的中国成年人超重(BMI ≥ 24 kg/m²)、肥胖判定的 BMI 标准(BMI ≥ 28 kg/m²)^[24]作为筛检阳性标准。

1.3 统计学方法

以 SPSS24.0 建立数据库,连续变量采用平均值±标准差,分类变量用百分比来描述。比较不同体型中 BMI 和体脂率的肥胖筛查误差率。通过计算灵敏性、特异性、阳性预测值、阴性预测值、阳性似然比、阴性似然比及受试者工作特征(ROC)曲线评价 BMI 的肥胖诊断性能;其中,ROC 曲线中以约登指数(敏感性、特异性之和减 1)最大时锚定最佳 BMI 截断值,且同时符合敏感度相对高的筛查要求。以皮尔逊相关系数统计不同体型男大学生人群的 BMI 和体脂率、瘦体重、脂肪、骨骼肌的相关系数,并以 R 软件比较分析不同体型男大学生人群的 BMI 和体脂率与 BMI 和瘦体重、脂肪、骨骼肌的相关系数的相关性。

按照 BMI 肥胖筛查标准和体脂率诊断标准将研究对象进行统计(见表 1)。

表 1 筛查试验评价数据结构

筛查结果		诊断结果:		
		体脂率 $\geq 25\%$		
		是	否	合计
BMI $\geq 24(\text{kg}/\text{m}^2)$ 或	肥胖(或超重)	A	B	R1
BMI $\geq 28(\text{kg}/\text{m}^2)$	不肥胖(或不超重)	C	D	R2
合计		C1	C2	N

再对不同体型人群进行真实性评价和收益评价的肥胖诊断。

1) 真实性评价。

(1) 灵敏度又称真阳性率, 灵敏度 $(\%) = A/(A+C) \times 100\%$, 指金标准确诊病例被试验判为阳性的百分比, 用来衡量试验正确识别肥胖者的能力。

(2) 特异性又称真阴性率, 特异性 $(\%) = D/(B+D) \times 100\%$, 指金标准确诊的非病例被试验判为阴性的百分比, 用来衡量试验正确识别不肥胖者的能力。

2) 收益评价。

(1) 预测值: 预测值表示试验可以正确判断的概率, 也表示试验结果的临床意义。根据贝叶斯定理计算阳性预测值和阴性预测值。

阳性预测值(PPV): $PPV = \text{灵敏度} \times \text{患病率} / (\text{灵敏度} \times \text{患病率} + (1 - \text{患病率})(1 - \text{特异性}))$, 表示试验阳性结果中真阳性的比例。

阴性预测值(NPV): $NPV = \text{特异性} \times (1 - \text{患病率}) / (\text{特异性} \times (1 - \text{患病率}) + (1 - \text{灵敏度}) \times \text{患病率})$, 表示筛查试验阴性者不肥胖的可能性。

(2) 似然比(LR): 是反映灵敏性和特异性的复合指

标, 比灵敏性和特异性更稳定, 不受患病率的影响, 用以估计肥胖概率。

阳性似然比(+LR): $+LR = \text{真阳性率} / \text{假阳性率} = \text{灵敏度} / (1 - \text{特异性})$, 用来筛查试验结果的真阳性率与假阳性率之比。

阴性似然比(-LR): $-LR = \text{假阴性率} / \text{真阴性率} = (1 - \text{灵敏度}) / \text{特异性}$, 用来筛查试验结果的假阴性率与真阴性率之比。

2 结果与分析

2.1 基于 BMI 和体脂率对不同体型男大学生人群肥胖率筛查对比

不同体型分组后的身高、体重、BMI、脂肪含量、体脂率、非脂肪含量的描述分析如表 2 所示, 不同组别之间的差异较为明显。分别以 BMI 和体脂率来评定肥胖率时, 引入误差率来比较, 误差率 $= (\text{脂肪肥胖率} - \text{BMI 肥胖率}) / \text{脂肪肥胖率}$, 发现不同体型人群之间的差异尤为突出。排除肥胖率过低且分类基本一致的高瘦组和矮瘦组, 根据 BMI 和体脂率进行肥胖筛查发现: 肥胖率由高到低排列的顺序是: 矮胖组、高胖组、高个组、全体组、矮个组。其中, 总体肥胖率分别为 6.77% 和 12.59%; 高个组肥胖率分别为 7.18% 和 14.92%; 矮个组肥胖率分别为 6.13% 和 9.75%; 高胖组肥胖率分别为 16.37% 和 32.74%; 矮胖组肥胖率分别为 22.45% 和 33.67%。可见, BMI 筛查肥胖比体脂率筛查肥胖的“金标准”要宽松得多。误差率由高到低的顺序是: 高个组、高胖组、全体组、矮个组、矮胖组。

表 2 男大学生不同体型中 BMI 和体脂率的肥胖筛查对比

组别	n/人	身高/m	体重/kg	BMI/ (kg/m^2)	脂肪 含量/kg	体脂率/%	非脂肪 含量/kg	BMI 肥胖 率 ¹⁾ /%	脂肪肥 胖率 ²⁾ /%	误差率 /%
全体	1596	1.74 \pm 0.06	67.56 \pm 11.82	22.19 \pm 3.40	11.41 \pm 7.18	15.85 \pm 7.40	56.15 \pm 6.21	6.77	12.59	46.23
高个	878	1.79 \pm 0.04	71.51 \pm 11.84	22.30 \pm 3.44	12.48 \pm 7.66	16.41 \pm 7.48	59.03 \pm 5.66	7.18	14.92	51.88
矮个	718	1.68 \pm 0.04	62.74 \pm 9.86	22.06 \pm 3.36	10.10 \pm 6.33	15.17 \pm 7.24	52.63 \pm 4.91	6.13	9.75	37.13
高胖	391	1.80 \pm 0.04	81.98 \pm 9.43	25.29 \pm 2.74	18.65 \pm 7.09	22.23 \pm 6.23	63.32 \pm 4.66	16.37	32.74	50.00
矮胖	196	1.69 \pm 0.02	75.31 \pm 7.89	26.20 \pm 2.89	17.71 \pm 5.86	23.10 \pm 5.50	57.60 \pm 3.94	22.45	33.67	33.32
高瘦	358	1.78 \pm 0.03	61.12 \pm 3.91	19.35 \pm 1.34	6.61 \pm 2.76	10.69 \pm 4.22	54.51 \pm 3.33	0	0	0
矮瘦	402	1.67 \pm 0.04	56.09 \pm 4.56	19.91 \pm 1.65	6.37 \pm 3.12	11.12 \pm 4.99	49.71 \pm 3.34	0	0.75	100.00

1) BMI $\geq 28\text{kg}/\text{m}^2$, 2) 体脂率 $\geq 25\%$

2.2 BMI 作为肥胖筛查标准对不同体型男大学生人群肥胖诊断的性能分析

表 3 中分别用 BMI $\geq 24\text{kg}/\text{m}^2$ 和 BMI $\geq 28\text{kg}/\text{m}^2$ 作为肥胖筛查标准来分析不同体型的肥胖诊断性能。BMI $\geq 28\text{kg}/\text{m}^2$ 在各组中的灵敏度都相对较差, 全体组

46.77%, 高个组 41.98%, 矮个组 55.71%, 高胖组 42.97%, 矮胖组 59.10%; 特异性都很高, 全体组 98.99%, 高个组 98.80%, 矮个组 99.23%, 高胖组 96.58%, 矮胖组 96.15%; 阴性预测值中高胖组偏低 (77.88%); 阴性似然比普遍较大。BMI $\geq 24\text{kg}/\text{m}^2$ 时,

所有组的灵敏性都很高，在 91.60%~98.51%之间，全体组、高个和矮个组的特异性中等，高胖和矮胖组的

特异性较差。阳性预测值普遍较低(<50%)，阳性似然比也偏小。

表 3 BMI 作为肥胖筛查标准对不同体型男大学生人群肥胖诊断的性能分析

组别	n/人	敏感性/%		特异性/%		阳性预测值/%		阴性预测值/%		阳性似然比		阴性似然比	
		BMI≥24	BMI≥28	BMI≥24	BMI≥28	BMI≥24	BMI≥28	BMI≥24	BMI≥28	BMI≥24	BMI≥28	BMI≥24	BMI≥28
全体	1 596	93.53	46.77	84.37	98.99	46.30	87.03	98.90	92.81	5.99	46.60	0.08	0.54
高个	878	91.60	41.98	83.13	98.80	48.78	85.94	98.26	90.66	5.43	34.85	0.10	0.59
矮个	718	94.44	55.71	85.76	99.23	42.48	88.64	99.28	95.40	6.63	72.21	0.06	0.45
高胖	391	93.75	42.97	52.09	96.58	48.48	85.79	94.55	77.88	1.96	12.56	0.12	0.59
矮胖	196	98.51	59.10	34.88	96.15	43.44	88.63	97.87	82.24	1.51	15.36	0.04	0.42

图 1 中展示了通过 ROC 曲线检验以 BMI 诊断不同体型人群中体脂率≥25%的肥胖性能。全体组中，曲线下面积是 0.95，表明诊断准确性较高，截断值为 24.11 kg/m²，其敏感性和特异性都很高。按照体型分组之后，曲线下面积高到低依次是矮个组(0.97，诊断准确性较高)、高个组(0.94，诊断准确性较高)、矮胖

组(0.90，诊断有一定准确性)、高胖组(0.87，诊断有一定准确性)；对应的截断值为矮个组 24.10 kg/m²(敏感性和特异性都较高)，高个组 24.05 kg/m²(敏感性较高、特异性中等)，矮胖组 26.09 kg/m²(敏感和特异性都中等)，高胖组 26 kg/m²(敏感性偏低，特异性中等)。

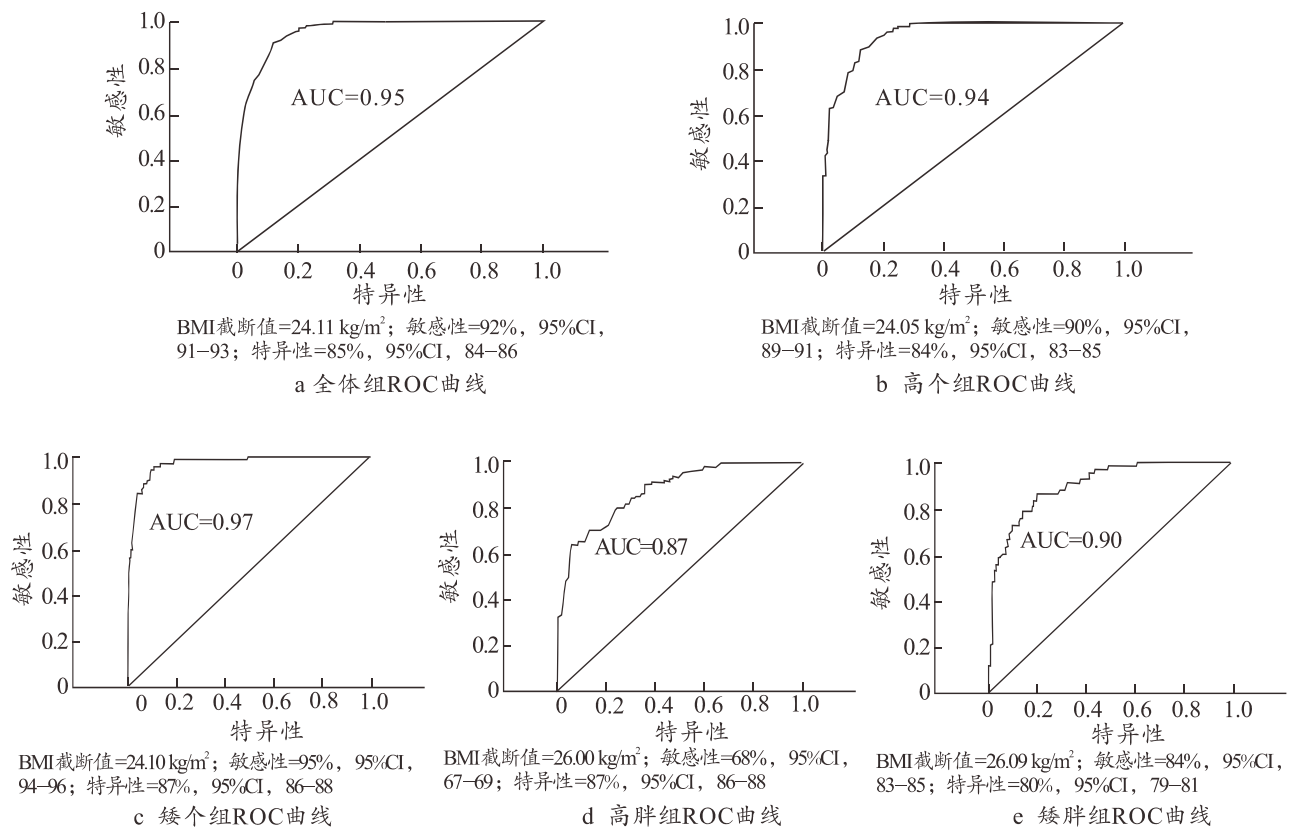


图 1 BMI 检测不同体型人群中以体脂率定义肥胖的受试者工作特征曲线

2.3 BMI 与体脂率、瘦体重、脂肪含量、骨骼肌含量的相关性

根据表 4 可知，全体男生而言，BMI 与体脂率、脂肪含量的相关性极强($r=0.85$ ， $P<0.01$ ； $r=0.91$ ， $P<0.01$)，与瘦体重、骨骼肌含量也强相关($r=0.67$ ，

$P<0.01$ ； $r=0.70$ ， $P<0.01$)。按体型分组之后，BMI 与体脂率、脂肪也存在中到强水平相关；除了高胖组，BMI 与瘦体重、骨骼肌也同时存在中到强水平相关。并且，除了高瘦组的 BMI 无法区分体脂率和瘦体重、脂肪含量、骨骼肌含量之外，其余组别的 BMI 与体脂率的相

关性都要高于瘦体重或骨骼肌含量,呈非常显著相关($P<0.01$),说明 BMI 的体脂率识别度较高,但也同时

反映了脂肪和肌肉的信息。

表 4 不同体型男大学生人群的 BMI 和体脂率与 BMI 和瘦体重、脂肪、骨骼肌的相关系数的比较

组别	BMI-体脂率 r 系数	BMI-瘦体重 r 系数	BMI-脂肪含量 r 系数	BMI-骨骼肌含量 r 系数	BMI-体脂率与 BMI 和瘦体重、脂肪、骨骼肌的相关系数的比较 (P 值)		
					BMI-瘦体重	BMI-脂肪含量	BMI-骨骼肌含量
全体	0.85 ²⁾	0.67 ²⁾	0.91 ²⁾	0.70 ²⁾	0.01	0.01	0.01
高个	0.86 ²⁾	0.78 ²⁾	0.92 ²⁾	0.80 ²⁾	0.01	0.01	0.01
矮个	0.85 ²⁾	0.74 ²⁾	0.92 ²⁾	0.76 ²⁾	0.01	0.01	0.01
高胖	0.88 ²⁾	0.11 ¹⁾	0.90 ²⁾	0.18 ²⁾	0.01	0.18	0.01
矮胖	0.76 ²⁾	0.58 ²⁾	0.88 ²⁾	0.59 ²⁾	0.01	0.02	0.02
高瘦	0.51 ²⁾	0.52 ²⁾	0.59 ²⁾	0.55 ²⁾	0.86	0.13	0.46
矮瘦	0.70 ²⁾	0.43 ²⁾	0.75 ²⁾	0.49 ²⁾	0.01	0.14	0.01

注明: 1) $P<0.05$, 2) $P<0.01$

3 讨论

以往大多数研究都是根据性别和年龄分组后,检验 BMI 与体脂率“金标准”定义肥胖率相比的肥胖诊断准确性。本研究选择从全体、高、矮、高胖、矮胖、高瘦、矮瘦不同体型角度来分组,验证 BMI 在不同体型男大学生群体中肥胖率筛查的准确性。研究结果显示,尽管 BMI 在诊断男大学生不同体型人群的超重率($BMI \geq 24$)时比较准确,并且除了高瘦组, BMI 与其他组别人群的体脂率和脂肪含量都有较强的相关性,能够较好地识别体脂率和脂肪含量。但是,在诊断肥胖率($BMI \geq 28$)时,虽然除了高瘦组之外, BMI 也都能很好地识别各组人群的体脂率,其准确性却表现出了较大局限性,且不同组别的筛检误差明显参差不齐。

在基于 BMI 和体脂率对不同体型男大学生人群肥胖率筛查对比时,发现体型偏瘦人群中的高瘦和矮瘦两类筛查基本无偏差,而身高越高者 BMI 筛查肥胖的误差率越大,身高越矮者 BMI 筛查肥胖的误差率越小;在 BMI 作为肥胖筛查标准对不同体型男大学生人群肥胖诊断的真实性评价和收益性评价发现,各组人群中的灵敏性都相对较差,特异性都很高,说明以 $BMI \geq 28 \text{ kg/m}^2$ 作为肥胖筛查标准的准确性不足,尤其高个和高胖人群的准确性问题更加突出。同样,以 ROC 曲线分析时,除了矮个组之外,其余 3 组的线下曲线面积和敏感性也都小于全体人群,尤其是对高胖人群的误差较高,其次是矮胖和高个人群。对应 ROC 曲线的 BMI 截断值分布在 $24 \sim 26 \text{ kg/m}^2$ 之间,都小于 $BMI \geq 28 \text{ kg/m}^2$ 的肥胖标准。

总而言之, BMI 在检出男大学生人群肥胖率时的准确性有限,全体男生和各体型分组男生中都要比体脂率筛查肥胖的“金标准”宽松得多,这一点与相关报道均一致^[25-30],但是将其归因于 BMI 无法区分肌肉和脂肪,可能将肌肉发达的人误判为肥胖^[31-33],这一

点与上述表 4 中列出的男大学生群体的统计结果比较不尽一致,研究发现,除了高瘦人群,其他分组都能较好地地区分体脂率与瘦体重、骨骼肌,不过除了高胖人群相关性极弱, BMI 同时也与瘦体重和骨骼肌含量存在中等到强程度的相关,说明 BMI 是一个能同时反映脂肪和骨骼肌信息的“复合”指标,这或是导致 BMI 肥胖筛查局限的原因之一。

更为重要的是,研究还发现不同体型的 BMI 肥胖检出率十分不均衡,尤其是在高个和高胖人群的肥胖检出率更不公平,误差更大。长期以来, BMI 被认为是理想的健康个体人群中的相似不变量,这也意味着无论体重和身高如何,这一数值基本不会发生变化。依据 $BMI = \text{体重}/\text{身高}^2$ 的计算公式可知,这意味着体重应该随着身高的平方的增长而同步增长。然而,根据伽利略理论的讨论,即力量随着重量的增加而以 $2/3$ 个数量级的比率相应增加^[34],体重应该比身高增长得更快,与身高的立方成正比比较为合理,这样的话, BMI 并不是一个不变量,而是一个随着身高的变化而呈线性变化的,因此高个子往往会被过度诊断为超重^[35]。近期,有不少研究基于腿部支撑躯干所承受的压力限制的生物力学论证并提出发育中的儿童的 BMI 应该是 $\text{体重}/\text{身高}^3$,此处 $2.3 < p < 2.7$,而成年人的 $p = 2.7$ 比较合理^[36-38]。事实也证明了人类的体重不会随身高的平方缩放,与高个子的真实体脂率相比,矮个子有用不寻常的更高值。高个子体重除以身高平方的 BMI 值,比除以身高 2.7 次方的 BMI 值偏大,加上本研究检测出 $BMI \geq 28$ 的肥胖标准也偏大,因此与矮个和矮胖人群相比,高个和高胖人群的 BMI 肥胖的准确性会更差一些。这与本研究 ROC 曲线的结论一致:(1)曲线下面积:高个人群(0.94)<矮个人群(0.97);高胖人群(0.87)<矮胖人群(0.90)。(2)敏感性:高个人群(0.90)<矮个人群(0.95);高胖人群(0.68)<矮胖人群(0.84)。表 2 中的误差

率和表3中的真实性评价、收益评价也都可以得出同样的结论。

人体形态是有关健康和疾病风险的丰富信息来源, BMI 正是这样一个应用最广泛的肥胖测量指标, 已在各种流行病学研究中得到一致使用, 以为指导减肥和为控制体重提出建议。但是, 由于 BMI 的肥胖筛查准确性受到争议和质疑, 人们在使用时开始引入腰围、腰臀比等指标, 近期提出的综合腰围和 BMI 的新的身体形态指数(ABSI)^[30]也逐渐得以验证, 并发现在55岁及以上的个体中, ABSI 比 BMI 显示出与总死亡率、心血管疾病和癌症死亡率之间更紧密的联系, 但是由于数据和证据不全, 也无法全面取代 BMI 的使用。这也凸显了 BMI 是医学实践中的一个复杂而重要的信息表征, 但囿于其基础理论框架尚未得到充分发展^[30], 如果不注意, 影响后果可能是相当大的, 甚至是有害的。本研究发现不同体型人群, 尤其高个和高胖人群的 BMI 误差性较大, 在目前应用 BMI 进行肥胖筛查时除了常规关注的性别、年龄和种族因素, 也建议将体型纳入其中, 把早期准确识别罹患心脏代谢病风险最大的肥胖个体作为一个着重考虑的因素。

综上所述, 研究认为, (1)除了高瘦组, BMI 都能较好地识别体脂率、脂肪含量和瘦体重、骨骼肌。但是除了高胖组, BMI 也与它们各自存在中到强水平相关, 包含一定的体成分混淆信息。(2)BMI 对男大学生的肥胖诊断准确性有限, 比体脂率筛查肥胖的“金标准”要宽松得多。(3)不同体型的 BMI 肥胖检出率十分不均衡, 尤其是在对高个和高胖人群的肥胖诊断误差更大, 普遍偏高。体重不会随身高的平方缩放或是一个重要原因, 因此将不同体型人群分组, 制定分层的评价方法或更为合理。(4)本研究分样本来自于所高校, 虽然该校生源来自全国各地, 为更好地避免样本选择的偏倚, 后续研究可以与全国多所高校开展合作, 扩大样本数量来进一步佐证, 或与性别、年龄、种族等因素综合考虑进行研究。

参考文献:

[1] YANG Y, DUGUE P A, Brigid M L, et al. Trajectories of body mass index in adulthood and all-cause and cause-specific mortality in the melbourne collaborative cohort study[J]. *BMJ Open*, 2019, 9(8): e030078.
[2] PORTO L G G, NOGUEIRA R M, NOGUEIRA EUGÊNIO C, et al. Agreement between BMI and body fat obesity definitions in a physically active population[J]. *Archives of Endocrinology and Metabolism*, 2016,

60(6): 515-525.

[3] ROMERO-CORRAL A, SOMERS V K, SIERRA-JOHNSON J, et al. Accuracy of body mass index in diagnosing obesity in the adult general population[J]. *International Journal of Obesity*, 2008, 32(6): 959-966.
[4] U.S. Department of Health, Services H. Fact sheets from the surgeon general's call to Action to prevent and decrease overweight and obesity[J]. *W V Med J*, 2002, 98(6): 234-243.
[5] PARENTE E B. Is body mass index still a good tool for obesity evaluation?[J]. *Archives of Endocrinology and Metabolism*, 2016, 60(6): 507-509.
[6] GÁBA A, PŘIDALOVÁ M, ZAJĄC-GAWLAK I. Evaluation of accuracy of body mass index in diagnosing of obesity in relation to body fat percentage in female aged 55-84 years[J]. *Casopis Lékar Ceskych*, 2014, 153(1): 22-7.
[7] ROMERO-CORRAL A, SOMERS V K, SIERRA-JOHNSON J, et al. Accuracy of body mass index in diagnosing obesity in the adult general population[J]. *International Journal of Obesity*, 2008, 32(6): 959-966.
[8] 李红娟, 杨柳, 张楠. 身体质量指数作为肥胖筛查标准的判别准确性评价[J]. *中国预防医学杂志*, 2014, 15(6): 571.
[9] 王海俊, 季成叶. 德国 BMI 肥胖筛查标准在中国学生群体的应用[J]. *中国校医*, 2004, 18(4): 289-291.
[10] 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*, 2019(2): 144-148.
[11] HADAEGH F, ZABETIAN A, SARBAKHS P, et al. Appropriate cutoff values of anthropometric variables to predict cardiovascular outcomes: 7.6 years follow-up in an Iranian population[J]. *International Journal of Obesity*, 2009, 33(12): 1437-1445.
[12] 汪志胜, 郑滔, 刘承宜. 我国中小学生超重、肥胖检出率变化趋势的拓扑学特征[J]. *体育学刊*, 2020, 27(1): 139-144.
[13] ADAMS K F, SCHATZKIN A, HARRIS T B, et al. Overweight, obesity, and mortality in a large prospective cohort of persons 50 to 71 years old[J]. *New England Journal of Medicine*, 2006, 355(8): 763-778.
[14] 陈洪波, 于少勇, 白光斌, 等. 2006—2016年西安电子科技大学大一学生体质健康变化趋势的横断历史研究[J]. *体育学刊*, 2019, 26(4): 116-122.
[15] 钟亚平, 蒋立兵. 多学科视域下青少年体质健康促进的困境与突破[J]. *体育学刊*, 2018, 25(3): 38-43.

- [16] KUCZMARSKI R J. Bioelectrical impedance analysis measurements as part of a national nutrition survey[J]. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 1996, 64(3): 12.
- [17] National Center For Health Statistics (US). Plan and operation of the third national health and nutrition examination survey, 1988-1994[R]. National Ctr for Health Statistics, 1994.
- [18] ROMEROCORRALA, SOMERSVK, SIERRAJOHNSON J, et al. Accuracy of body mass index in diagnosing obesity in the adult general population.[J]. *International Journal of Obesity*, 2008, 32(6): 959-966.
- [19] SNIJDER M B, VAN DAM R M, VISSER M, et al. What aspects of body fat are particularly hazardous and how do we measure them?[J]. *International Journal of Epidemiology*, 2006.
- [20] PEINE S, KNABE S, CARRERO I. Generation of normal ranges for measures of body composition in adults based on bioelectrical impedance analysis using the seca mBCA[J]. *International Journal of Body Composition Research*, 2013, 11(3&4): 67-76.
- [21] WONG J E, PARNELL W R, HOWE A S, et al. Diet quality is associated with measures of body fat in adolescents from Otago, New Zealand[J]. *Public Health Nutrition*, 2015, 18(8): 1453-1460.
- [22] MURRAY M, DORDEVIC A L, RYAN L, et al. The impact of a single dose of a polyphenol-rich seaweed extract on postprandial glycaemic control in healthy adults: A randomised cross-over trial[J]. *Nutrients*, 2018, 10(3): 270.
- [23] World Health Organization. Physical status: The use of and interpretation of anthropometry, Report of a WHO Expert Committee[M]. World Health Organization, 1995: 87.
- [24] 中国肥胖问题工作组数据汇总分析协作组. 我国成人体重指数和腰围对相关疾病危险因素异常的预测价值:适宜体重指数和腰围切点的研究[J]. *中华流行病学杂志*, 2002, 23(1): 5-10.
- [25] 黄晖明, 王人卫, 李森, 等. 体重指数与体脂率指标评价肥胖:基于诊断试验的比较研究[J]. *中国运动医学杂志*, 2017, 36(3): 218-225.
- [26] ROMERO-CORRALA, SOMERS V K, SIERRA-JOHNSON J, et al. Accuracy of body mass index in diagnosing obesity in the adult general population[J]. *Int J Obes(Lond)*, 2008, 32(6): 959-966.
- [27] HO-PHAM L T, LAI T Q, NGUYEN M T, et al. Relationship between body mass index and percent body fat in vietnamese: Implications for the diagnosis of obesity[J]. *PLoS One*, 2015, 10(5): 187-198.
- [28] OKORODUDU D O, JUMEAN M F, MONTORI V M, et al. Diagnostic performance of body mass index to identify obesity as defined by body adiposity: A systematic review and meta-analysis[J]. *International Journal of Obesity*, 2010, 34(5): 791-799.
- [29] CORNIER M A, DESPRES J P, DAVIS N, et al. Assessing adiposity: A scientific statement from the American Heart Association[J]. *Circulation*, 2011, 124(18): 1996-2019.
- [30] 王献英. “测、研、练”三位一体体质健康促进策略[J]. *体育学刊*, 2017, 24(4): 102-105.
- [31] RUIZ J R, SUI X, LOBELO F, et al. Association between muscular strength and mortality in men: Prospective cohort study [J]. *BMJ*, 2008, 337(6): 92-95.
- [32] STENHOLM S, HARRIS T B, RANTANEN T, et al. Sarcopenic obesity: Definition, cause and consequences[J]. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care*, 2018, 11(6): 693-700.
- [33] 李强, 蒋新国, 蒋辉. 广东省大学生体质健康的比较——基于基尼系数与因子分析的测算[J]. *体育学刊*, 2017, 24(4): 106-110.
- [34] LIETZKE M H. Relation between weight-lifting totals and body weight[J]. *Science*, 1956, 124(3220): 486-487.
- [35] MARQUET P A, ALLEN A P, BROWN J H, et al. On theory in ecology[J]. *Bioscience*, 2014, 64(8): 701-710.
- [36] BURTON R. Scaling of adult human body mass with height[J]. *Journal of Biomechanics*, 2011, 44(6): 1216-1220.
- [37] SAMARAS T T. Human body size and the laws of scaling: Physiological, performance, growth, longevity and ecological ramifications[M]. New York: Nova Science Publishers Inc, 2007.
- [38] BURTON R F. Human allometry: Adult bodies are more nearly geometrically similar than regression analysis has suggested[J]. *Medical Hypotheses*, 2010, 74(1): 15-17.
- [39] WEST G B. The importance of quantitative systemic thinking in medicine[J]. *lancet*, 2012, 379(9825): 1551-1559.