

• 科研论著 •

基于体成分探索儿童体脂状况及适宜的肥胖界值点

何璐¹, 赵焱², 龚金鑫¹, 赵璐¹, 张小林¹, 毛广惠¹, 马周瑞³, 师晓燕⁴, 蔡世忠¹, 严向明⁵

1. 苏州大学附属儿童医院儿童保健科, 江苏 苏州 215021; 2. 苏州大学第二附属医院儿科; 3. 苏州大学附属儿童医院外科;
4. 苏州大学附属儿童医院神经内科; 5. 苏州大学附属儿童医院儿童泌尿外科

摘要: **目的** 应用体成分探索儿童体脂状况以及利用脂肪质量指数(FMI)、体脂含量百分比(PBF)探索儿童肥胖的诊断切点。**方法** 采用横断面研究,应用生物电阻抗技术测量 2017 年 1 月—2022 年 8 月期间在苏州大学附属儿童医院儿童保健部门就诊的 22 198 名儿童体成分。记录参与者的体质量指数(BMI)、脂肪量(FM)、去脂体重(FFM)、FMI 和 PBF 等指标。**结果** 男、女童 3~5 岁的 BMI、PBF 和 FMI 呈下降趋势,5 岁以后的 BMI、PBF 和 FMI 呈不断增长趋势,而男童的 PBF 和 FMI 在 10 岁以后呈下降或平缓趋势。ROC 曲线分析显示,性别、年龄别 FMI 和 PBF 诊断肥胖的 AUC 均大于 0.900,特异度和灵敏度基本>90%。**结论** FMI 和 PBF 作为临床预测肥胖指标的诊断价值较高。应用 FMI 或 PBF 可直观准确地反映儿童体脂含量和变化。

关键词: 肥胖; 体成分; 脂肪质量指数; 体脂含量百分比; 儿童

中图分类号:R723.14 文献标识码:A 文章编号:1008-6579(2025)02-0160-06 doi:10.11852/zgetbjzz2024-1233

Exploration of body fat status and appropriate obesity cut-offs in children based on body composition

HE Lu¹, ZHAO Yan², GONG Jinxin¹, ZHAO Lu¹, ZHANG Xiaolin¹, MAO Guanghui¹,
MA Zhourui³, SHI Xiaoyan⁴, CAI Shizhong¹, YAN Xiangming⁵

1. Department of Child and Adolescent Healthcare, Children's Hospital of Soochow University, Suzhou, Jiangsu 215025, China; 2. Department of Pediatrics, The Second Affiliated Hospital of Soochow University;
3. Department of Surgery, Children's Hospital of Soochow University; 4. Department of Neurology, Children's Hospital of Soochow University; 5. Department of Urology, Children's Hospital of Soochow University

Corresponding authors: SHI Xiaoyan, E-mail: shixiaoyanxiaoyan@163.com; CAI Shizhong, E-mail: szcai@suda.edu.cn; YAN Xiangming, E-mail: yxmsz2003@163.com

Abstract: **Objective** To explore the body fat status in children using body composition, and to explore the cut-off values of fat mass index (FMI) and body fat percentage (PBF) for the diagnosis of obesity in children. **Methods** A cross-sectional design was adopted. From January 2017 to August 2022, body composition of 22 198 children who visited the outpatient department of Child Health Care of Children's Hospital of Soochow University was measured by bioelectrical impedance analysis. Body mass index (BMI), fat mass (FM), fat-free mass (FFM), FMI and PBF of children were recorded. **Results** BMI, PBF and FMI of boys and girls showed a downward trend from 3 to 5 years old, and showed an increasing trend after 5 years old, while PBF and FMI of boys showed a downward or flat trend after 10 years old. ROC curve analysis showed that the AUC of FMI and PBF of sex and age in the diagnosis of obesity was greater than 0.900, and the specificity and sensitivity were basically greater than 90%. **Conclusions** FMI and PBF have high diagnostic value as clinical indicators for predicting obesity. The application of FMI or PBF can intuitively and accurately reflect the content and changes of body fat in children.

Keywords: obesity; body composition; fat mass index; percent body fat; children

随着社会经济的快速发展及生活方式改变,全球儿童肥胖发病率正快速增加,已成为严重的公共卫生问题。WHO 推荐体质量指数(body mass index, BMI)作为肥胖症诊断的常用指标^[1],因其简

单、方便、易得,在临床上广泛应用。但受年龄、性别、种族、性发育等因素影响,儿童脂肪及去脂体重分布有所差异,仅依靠 BMI 无法全面反映脂肪量(fat mass, FM)变化,进而影响医生给予合理的饮

作者简介:何璐(1999—),女,硕士研究生,主要研究方向为儿童保健。

通信作者:师晓燕, E-mail: shixiaoyanxiaoyan@163.com; 蔡世忠, E-mail: szcai@suda.edu.cn; 严向明, E-mail: yxmsz2003@163.com

食、运动指导。

评估肥胖最有效的方法是测量 FM。在临床上,通常采用方法简单、操作便捷、价格便宜、安全无创的方法测定体成分。其中常用的方法有生物电阻抗法(bioelectrical impedance analysis, BIA),该技术向人体引入交流电流,通过测量电阻间接评价体成分。大量研究证实, BIA 是一种快捷、准确、有效的测量儿童体成分的方法^[2-5]。本研究应用 BIA 评估儿童 FM 及去脂体重(fat free mass, FFM)特点,探索脂肪质量指数(fat mass index, FMI)及体脂含量百分比(percent body fat, PBF)筛查肥胖儿童的切点,对于推进儿童健康发展有重要意义。

1 对象和方法

1.1 对象 以 2017 年 1 月—2022 年 8 月在苏州大学附属儿童医院儿童保健科就诊的 3~14 岁健康体检儿童为研究对象。入选标准:1)就诊儿童及家长同意参加本研究;2)年龄在 3~14 岁之间;3)完成基本体格测量、体成分分析;4)病历资料完整。排除标准:1)BMI 低于同年龄、同性别人群平均值 2 个标准差者;2)有先天遗传代谢性疾病、内分泌系统疾病、神经系统疾病等特殊病史者;3)体成分资料不全者。本研究经过儿童监护人同意,签署知情同意书,并获得苏州大学附属儿童医院伦理委员会批准(No. 2021CS092)。最终 22 836 人纳入本研究。

1.2 人体成分测量 入组儿童穿单衣单裤,靠墙站立,采用标准方法测量身高、体重,分别精确到 0.1cm、0.1kg,均重复测量 2 次,计算 BMI, BMI=体重/身高²(kg/m²)。应用人体成分分析仪(Inbody J 20, 韩国 Inbody 公司)测量儿童体成分,测量原理为 BIA。由接受过专业培训的操作人员进行操作,每日测试前半小时进行仪器校准,入组患儿排空膀

胱,且测试前半小时内不饮水,着单层衣裤,脱鞋袜,按正确姿势站立。记录 FM、FFM、PBF、腰臀比(waist-to-hip ratio, WHR)、FMI 和非脂质质量指数(fat free mass index, FFMI)分别由 FM 和 FFM 除以身高的平方求得。

1.3 诊断及分组标准 依据中国 2~18 岁儿童、青少年超重肥胖的 BMI 参考界值点^[6],将研究对象分为正常组、超重组、肥胖组。

1.4 统计学方法 数据采用双人双录入,并进行核查。应用 SPSS 26.0 统计软件处理数据。正态分布的计量资料以采用 $\bar{x} \pm s$ 表示,两组间比较采用独立样本 *t* 检验,计数资料以频数(%)表示,组间比较采用 χ^2 检验,检验水准 $\alpha = 0.05$ (双侧)。分别列出性别、年龄别 FMI 和 PBF 的第 3 百分位数(P_3)、第 5 百分位数(P_5)、第 15 百分位数(P_{15})、第 50 百分位数(P_{50})、第 85 百分位数(P_{85})、第 95 百分位数(P_{95})、第 97 百分位数(P_{97})数值表,并基于 BMI 诊断肥胖的标准^[6],绘制 FMI 和 PBF 的受试者作业特征(ROC)曲线图表,计算曲线下面积(area under curve, AUC)和最佳切点值。

2 结果

2.1 研究对象的一般资料和体成分数据 本研究纳入 3~14 岁研究对象共 22 836 人,其中男童 14 576 名,女童 8 260 名,排除缺乏体成分以及消瘦儿童,最终纳入 22 198 人,其中男童 14 178 名,女童 8 020 名,平均年龄分别为(8.14±2.49)及(7.89±2.27)岁。除 FMI 之外,男童年龄、体重、身高、BMI、FFMI、WHR 均高于女童, PBF 低于女童,差异具有统计学意义($P < 0.05$)。男童超重肥胖的检出率高于女童,差异有统计学意义($P < 0.05$)。见表 1。

表 1 研究对象的基本情况和人体成分数据($\bar{x} \pm s$)
Tab. 1 Basic information and body composition data of the participants($\bar{x} \pm s$)

变量	男童(<i>n</i> =14 178)	女童(<i>n</i> =8 020)	<i>t</i> / χ^2 值	<i>P</i> 值
年龄(岁)	8.14±2.49	7.89±2.27	7.836 ^a	<0.001
体重(kg)	30.33±12.44	28.22±10.53	13.419 ^a	<0.001
身高(cm)	128.13±15.89	126.14±14.90	9.372 ^a	<0.001
BMI(kg/m ²)	17.76±3.58	17.18±3.24	12.440 ^a	<0.001
PBF(%)	22.23±8.94	23.25±8.50	8.688 ^a	<0.001
FMI(kg/m ²)	4.23±2.62	4.24±2.41	0.376 ^a	0.760
FFMI(kg/m ²)	13.53±1.34	12.94±1.13	35.771 ^a	<0.001
WHR	0.74±0.06	0.73±0.06	6.429 ^a	<0.001
体重分组(例,%)	正常	9 061(63.9)	5 316(66.3)	89.366 ^b
	超重	2 301(16.2)	1 295(16.1)	
	肥胖	2 816(19.9)	1 409(17.6)	

注:^a*t* 值,^b χ^2 值。

2.2 苏州市 3~14 岁儿童性别、年龄别体成分生长曲线与百分位数值 按性别分组,对男、女童不同体重组的 BMI、FMI 和 PBF 进行对比,生长曲线图结果显示各年龄段超重组的 BMI、FMI 和 PBF 均高于同性别体重正常组,而肥胖组又高于超重组($P<0.05$)。大部分女童超重和肥胖组 BMI、PBF 和

FMI 显著高于男童组($P<0.05$)。男、女童 3~<5 岁的 BMI、PBF 和 FMI 呈下降趋势,5 岁以后的 BMI、PBF 和 FMI 呈不断增长趋势,而男童的 PBF 和 FMI 在 10 岁以后呈下降或平缓趋势。见图 1。苏州 3~14 岁男、女童 PBF 和 FMI 百分位数值见表 2、3。

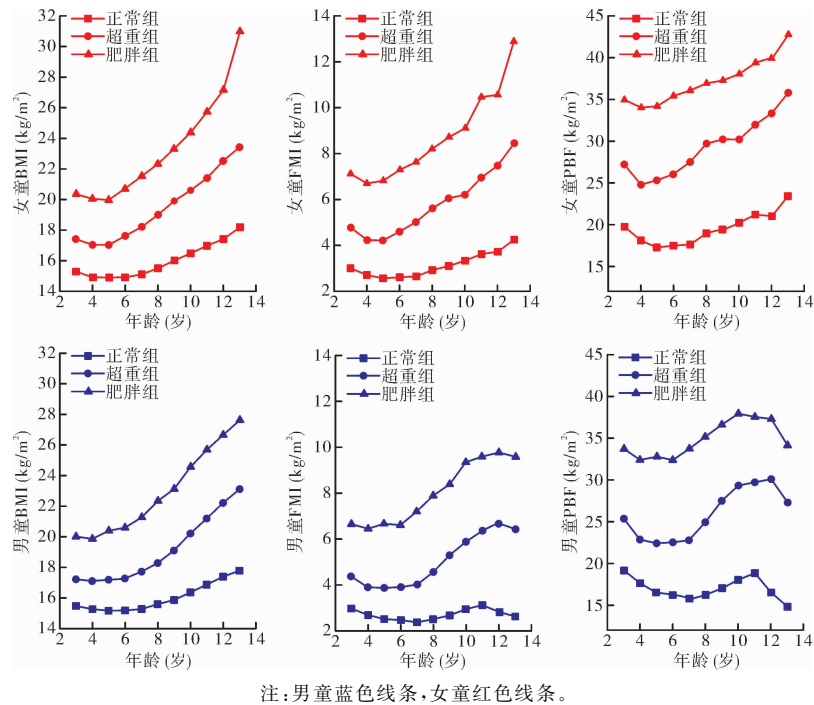


图 1 不同体型组 and 不同年龄组男女 BMI、FMI 和 PBF 的比较

Fig. 1 Comparison of BMI, FMI and PBF between girls and boys with different body size groups and different age groups

表 2 3~14 岁男童 PBF 和 FMI 百分位数值表

Tab. 2 Percentile values of PBF and FMI for boys aged 3 to 14 years

年龄分组 (岁)	PBF(%)							FMI(kg/m ²)						
	P ₃	P ₅	P ₁₅	P ₅₀	P ₈₅	P ₉₅	P ₉₇	P ₃	P ₅	P ₁₅	P ₅₀	P ₈₅	P ₉₅	P ₉₇
3.0	11.57	13.14	17.29	24.05	34.59	37.65	38.89	1.60	1.87	2.56	3.99	6.73	7.76	8.43
3.5	11.96	13.44	15.80	21.90	31.94	39.92	41.77	1.70	1.94	2.41	3.55	6.39	8.40	9.64
4.0	11.22	12.68	15.32	19.90	27.98	35.46	37.28	1.66	1.84	2.28	3.14	4.96	7.48	8.07
4.5	11.38	12.30	14.32	19.10	27.39	35.90	37.63	1.59	1.75	2.11	3.00	4.94	7.59	8.18
5.0	10.17	11.30	13.60	19.00	26.03	35.53	37.20	1.45	1.60	1.98	2.99	4.58	7.56	8.27
5.5	10.50	11.27	13.40	18.40	29.89	37.03	39.67	1.46	1.58	1.90	2.93	5.71	8.07	9.17
6.0	10.20	11.06	13.30	18.90	30.80	38.40	40.00	1.44	1.57	1.96	3.00	6.11	8.72	9.57
6.5	9.90	10.87	13.40	18.50	28.00	35.63	38.30	1.40	1.54	2.00	2.89	5.29	7.84	8.73
7.0	9.80	10.70	12.90	17.90	28.40	36.60	39.56	1.40	1.54	1.90	2.83	5.26	8.17	9.41
7.5	9.91	10.60	12.70	18.30	31.30	38.42	40.20	1.41	1.53	1.90	2.94	6.38	9.05	9.82
8.0	9.51	10.71	13.30	19.55	32.80	39.20	40.79	1.36	1.54	1.98	3.18	7.06	9.21	10.23
8.5	10.70	11.40	14.00	20.70	34.40	39.54	41.42	1.55	1.68	2.12	3.40	7.61	9.57	10.67
9.0	10.60	11.50	13.90	21.30	35.60	41.25	42.50	1.54	1.70	2.11	3.63	8.03	10.44	10.93
9.5	10.80	11.83	14.90	23.10	36.61	40.47	41.82	1.61	1.76	2.32	4.04	8.36	10.01	10.93
10.0	11.71	12.30	15.50	25.10	38.50	42.60	44.49	1.74	1.87	2.45	4.77	9.34	11.80	12.59
10.5	11.40	12.40	15.80	25.50	38.10	43.20	44.50	1.79	1.94	2.51	4.81	9.53	11.80	12.62
11.0	12.15	12.90	15.55	24.90	37.40	42.49	43.75	1.86	2.02	2.53	4.90	9.38	11.76	12.48
11.5	10.20	11.90	15.40	25.20	37.00	41.00	42.46	1.65	1.82	2.48	4.88	9.13	11.37	12.07
12.0	10.00	11.20	13.66	23.20	36.84	41.08	42.65	1.55	1.74	2.31	4.41	9.12	11.63	12.43
12.5	9.51	10.30	12.76	22.10	35.50	39.96	41.09	1.55	1.64	2.15	4.25	9.06	11.29	11.69
13.0	8.66	8.93	12.48	19.60	34.11	39.41	41.37	1.45	1.58	2.05	3.59	8.92	11.15	13.38
13.5	7.95	8.40	11.80	19.60	33.30	38.90	40.30	1.36	1.48	2.02	3.71	8.92	10.73	10.90

表 3 3~14 岁女童 PBF 和 FMI 百分位数值表
Tab. 3 Percentile values of PBF and FMI for girls aged 3 to 14 years

年龄(岁)	PBF(%)							FMI(kg/m ²)						
	P ₃	P ₅	P ₁₅	P ₅₀	P ₈₅	P ₉₅	P ₉₇	P ₃	P ₅	P ₁₅	P ₅₀	P ₈₅	P ₉₅	P ₉₇
3.0	11.89	12.74	16.56	24.30	34.16	41.54	42.34	1.69	1.72	2.37	3.77	6.64	8.81	9.34
3.5	12.33	13.00	15.99	23.20	35.28	42.82	44.49	1.67	1.78	2.37	3.72	7.13	9.82	10.56
4.0	12.06	13.04	15.80	20.80	29.00	35.64	39.26	1.68	1.79	2.28	3.29	5.22	7.28	8.54
4.5	11.74	12.54	14.70	20.15	30.78	39.29	41.08	1.58	1.73	2.10	3.10	5.71	8.37	9.03
5.0	11.03	11.86	14.37	19.75	30.97	37.85	41.43	1.55	1.61	2.04	3.02	5.59	8.18	9.31
5.5	10.70	11.50	14.40	19.40	31.20	39.20	40.50	1.45	1.54	2.03	2.96	5.80	8.44	9.20
6.0	9.96	10.97	14.00	20.30	32.61	39.41	42.86	1.32	1.49	1.98	3.22	6.28	8.56	9.90
6.5	10.83	11.60	14.34	20.00	32.90	38.60	40.47	1.45	1.58	2.04	3.11	6.48	8.39	9.20
7.0	10.40	11.79	13.90	19.45	32.10	38.02	39.60	1.49	1.61	2.02	3.01	6.17	8.42	9.01
7.5	11.00	11.89	14.37	21.20	33.26	39.44	41.47	1.53	1.64	2.06	3.32	6.79	9.11	9.82
8.0	11.70	12.62	15.60	21.80	33.34	39.48	41.21	1.66	1.79	2.29	3.56	6.73	9.10	9.82
8.5	11.50	12.44	15.40	22.80	35.08	40.50	42.10	1.63	1.77	2.22	3.79	7.43	9.63	10.05
9.0	12.60	13.20	15.55	23.05	33.60	39.19	40.74	1.81	1.88	2.27	3.93	7.14	9.11	9.79
9.5	12.20	13.03	16.50	23.85	35.13	39.10	41.28	1.69	1.92	2.51	4.13	7.65	9.20	10.18
10.0	13.61	14.10	16.36	23.40	35.25	39.90	41.73	1.95	2.08	2.47	4.20	7.58	9.93	10.56
10.5	13.09	13.30	16.30	23.05	34.05	40.40	44.18	1.85	2.06	2.55	4.14	7.64	9.94	11.76
11.0	12.13	12.90	16.46	24.40	35.03	42.41	43.17	1.80	2.04	2.57	4.42	8.02	10.99	11.57
11.5	12.55	14.11	16.61	23.55	35.09	40.03	43.16	1.91	2.20	2.64	4.23	7.99	10.90	11.54
12.0	13.01	16.04	18.60	24.45	35.27	39.76	42.44	2.10	2.52	2.97	4.36	7.92	10.50	13.58
12.5	13.65	14.98	18.90	25.55	37.83	45.43	45.85	2.13	2.40	3.13	4.72	9.58	13.85	15.57
13.0	13.94	14.99	19.19	30.85	41.44	46.01	47.38	2.15	2.28	3.28	6.32	12.34	15.88	16.25
13.5	15.57	16.85	19.00	29.20	42.48	46.20	47.28	2.43	2.64	3.36	5.86	13.20	15.27	16.75

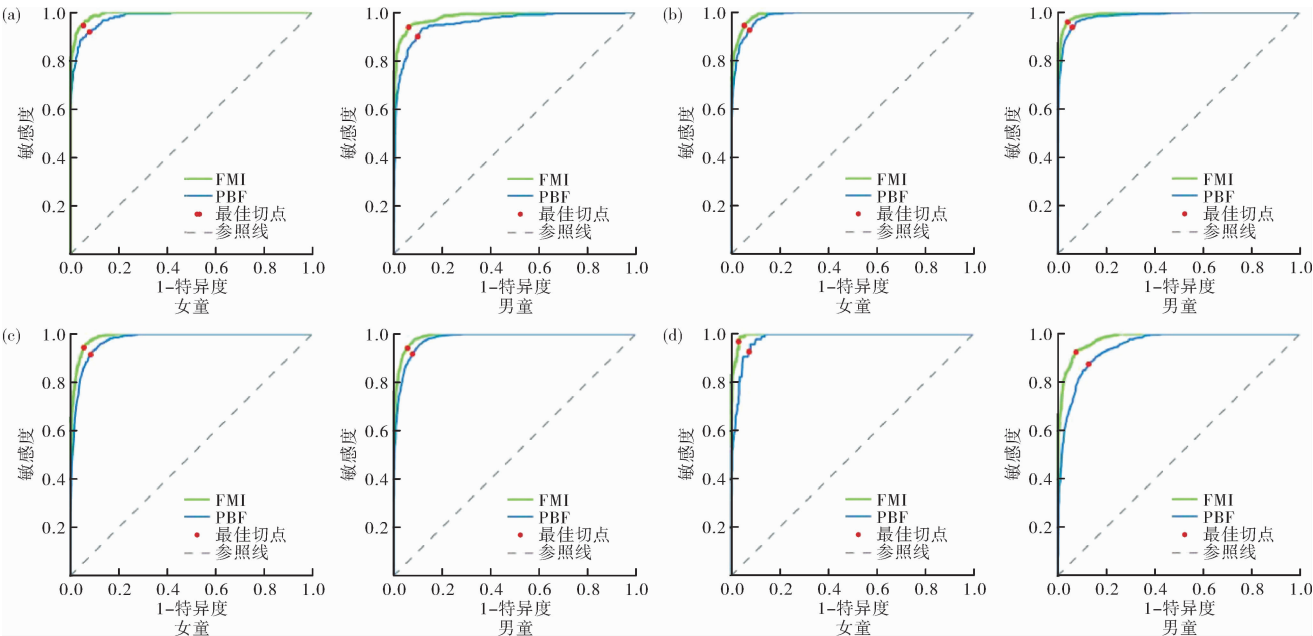
2.3 苏州市 3~14 岁儿童肥胖的体成分诊断切点

以是否肥胖作为因变量,按年龄和性别分别对 PBF 和 FMI 绘制 ROC 曲线并进行分析。见图 2、表 4。男童 PBF 和 FMI 对肥胖诊断的 AUC 值均>0.900,3~<5、5~<8、8~<11、11~14 岁 FMI 的 AUC 分别为 0.982、0.993、0.989、0.980,灵敏度分别为 93.9%、96.0%、94.2%、92.5%,特异度分别为 93.8%、95.9%、94.2%、92.4%,最佳切点值分别为 4.60、4.56、6.04、7.24,PBF 的 AUC 分别为 0.959、0.985、0.979、0.949,灵敏度分别为 90.0%、93.8%、91.8%、87.6%,特异度分别为 90.0%、94.0%、92.2%、87.2%,最佳切点值分别为 25.45、25.15、29.65、30.75。

女童 PBF 和 FMI 对肥胖诊断的 AUC 值均>0.950,3~<5、5~<8、8~<11、11~14 岁 FMI 的 AUC 分别为 0.993、0.991、0.988、0.995,灵敏度分别为 94.6%、94.6%、94.4%、96.9%,特异度分别为 94.6%、94.6%、94.4%、96.9%,最佳切点值分别为 4.74、5.12、6.58、8.39,3~<5、5~<8、8~<11、11~14 岁 PBF 的 AUC 分别为 0.981、0.984、0.975、0.980,灵敏度分别为 91.9%、92.7%、91.5%、92.7%,特异度分别为 92.1%、92.4%、91.6%、92.6%,最佳切点值分别为 27.05、27.80、31.85、34.80。

3 讨 论

3.1 不同年龄段儿童的体脂变化特点 本研究结果显示,3~<5 岁时,不同体型儿童的 BMI、PBF 和 FMI 都呈下降趋势,5 岁以后儿童的 BMI、PBF 和 FMI 呈不断增长趋势。既往研究显示 PBF 存在明显的年龄相关变异^[7],芬兰^[8]3~5 岁儿童和天津^[9]学龄前儿童的体成分数据也显现出类似趋势。这个阶段的变化与脂肪重塑和高强度体力活动的增加有关。5 岁至青春期前,超重和肥胖的男童和女童 PBF 和 FMI 均迅速增加,这一时期的营养暴露对儿童肥胖的发展有重要作用。因此,改变儿童早期各种不健康的饮食和生活习惯,包括高能量食物摄入、低水平的体育活动和延长屏幕时间,对改善终身健康具有重要意义^[10]。男童和女童的 FMI 和 PBF 在 8 岁后开始迅速上升,而男童在 10 岁之后 FMI 和 PBF 持续下降,这与在哥伦比亚同年龄组的男童中观察到的变化一致^[11]。这些变化可能与青春期内分泌激素的影响有关。多数女童在 9~10 岁进入青春期,此阶段 FM 快速增加,集中于胸部、腹部及臀部,使女童身体显得圆润,身体比例逐步接近成人。男童多数在 11~12 岁进入青春期,在雄激素作用下,男童骨骼肌质量快速增加,脂肪占比下降,逐步形成肩膀及胸部强壮的“三角形”男性身体轮廓;相反,PBF 呈下降趋势,至青春期后期,身高增长减速,各



注：(a) 3~<5 岁年龄组；(b) 5~<8 岁年龄组；(c) 8~<11 岁年龄组；(d) 11~14 岁年龄组。

图 2 不同年龄组男、女童 PBF 和 FMI 预测肥胖的 ROC 曲线分析结果

Fig. 2 ROC curve results of PBF and FMI in predicting obesity by sex and age groups

表 4 不同年龄组男、女童 PBF 和 FMI 预测肥胖的 ROC 曲线分析结果

Tab. 4 ROC curve results of PBF and FMI in predicting obesity by sex and age groups

性别	年龄(岁)	变量	曲线下面积(95%CI)	灵敏度(%)	特异度(%)	最佳切点值
女童	3~<5	PBF	0.981(0.974~0.988)	91.9	92.1	27.05
		FMI	0.993(0.989~0.996)	94.6	94.6	4.74
	5~<8	PBF	0.984(0.981~0.988)	92.7	92.4	27.80
		FMI	0.991(0.989~0.993)	94.6	94.6	5.12
	8~<11	PBF	0.975(0.970~0.979)	91.5	91.6	31.85
		FMI	0.988(0.985~0.991)	94.4	94.4	6.58
	11~14	PBF	0.980(0.972~0.989)	92.7	92.6	34.80
		FMI	0.995(0.992~0.998)	96.9	96.9	8.39
男童	3~<5	PBF	0.959(0.946~0.971)	90.0	90.0	25.45
		FMI	0.982(0.975~0.990)	93.9	93.8	4.60
	5~<8	PBF	0.985(0.982~0.988)	93.8	94.0	25.15
		FMI	0.993(0.992~0.995)	96.0	95.9	4.56
	8~<11	PBF	0.979(0.976~0.982)	91.8	92.2	29.65
		FMI	0.989(0.987~0.991)	94.2	94.2	6.04
	11~14	PBF	0.949(0.940~0.958)	87.6	87.2	30.75
		FMI	0.980(0.975~0.985)	92.5	92.4	7.24

器官逐步发育完善^[12]。考虑到青春期不同启动时间和发育阶段,建议结合体成分、年龄和青春期 Tanner 分期,系统评估青春期儿童的营养状况。

3.2 PBF 和 FMI 对儿童青少年肥胖的诊断价值

BMI 是流行病中常用的人体测量指标,用于评估超重或肥胖风险,但它难以反映体脂分布。既往研究证实,脂肪质量及分布和 BMI 肥胖分度并不完全一致,尤其是儿童期,BMI 无法反映体重一身高发展阶段体脂的变化^[13-14]。基于图 1 中 BMI、FMI 和 PBF 随年龄变化的对比,男童青春期 BMI 呈现快速上升的趋势,而 FMI 和 PBF 下降或趋于平缓,说明

这一时期体重的增加主要是由去脂体重引起的,这提示仅依靠 BMI 不能准确反映体脂变化,而 FMI 和 PBF 可以直观反映脂肪组织占比。因此,使用 PBF 和 FMI 来建立肥胖儿童生长和身体成分的基线参考,可以提高对肥胖儿童身体成分的理解,有助于早期发现和干预肥胖症,促进儿童健康发育,并降低长期健康风险。目前国内很少有临床研究将 FMI 和 PBF 作为儿童肥胖的诊断指标。Wright 等^[15]研究发现,BMI 百分位数高的幼儿比具有相同 BMI 百分位数的大龄儿童 FMI 更低,当前的 BMI 百分位数临界值在儿童群体中过度诊断了肥胖,因此,根据

身高调整的 FMI 数据对儿童肥胖的诊断具有重要意义。Ramírez-Vélez 等^[7]研究也显示,超重和肥胖 ROC 分析的 AUC 值表明,PBF 具有较高的诊断效能($AUC > 90\%$)来识别肥胖的儿童和青少年,并且可以用作识别有过度肥胖风险个体的替代方法。本研究中各年龄段男女童的 PBF 和 FMI 对肥胖诊断的 AUC 值均大于 0.900,灵敏度和特异度大部分在 90% 以上。根据国内外研究现状,本研究中利用 FMI 和 PBF 诊断肥胖的最佳切点值或性别、年龄别体成分 P_{95} 数值对肥胖具有良好的临床诊断价值。鉴于 BIA 的低成本、无创性以及高诊断价值,可以考虑将 PBF 和 FMI 作为衡量肥胖的诊断指标^[16-17]。

3.3 本研究的优势和局限性 本研究的样本量大,研究结果直观地显示出了儿童和青少年的体成分随着年龄、性别和体型变化的特点。同时依据性别、年龄和体成分探索了应用 FMI 和 PBF 诊断儿童肥胖的界值点,证实了 PBF 和 FMI 在识别儿童肥胖方面具有较高的可靠性,有助于临床医生更精确地评价儿童营养状况和体脂状况,以尽快识别出超重、肥胖的高风险儿童,为早期干预、治疗儿童肥胖提供参考依据。但本研究也有一定的局限性,研究对象局限在苏州本地儿童,可能出现一定程度的数据偏倚。此外,对于青春期儿童应用 FMI 或 PBF,需要进一步结合青春期进程、发育时间、性激素等综合指标系统评价。

参考文献

- [1] Ncd Risk Factor Collaboration (NCD-RISC). Worldwide trends in body-mass index, underweight, overweight, and obesity from 1975 to 2016: A pooled analysis of 2416 population-based measurement studies in 128.9 million children, adolescents, and adults [J]. *Lancet*, 2017, 390 (10113): 2627-2642.
- [2] Larsen MN, Krstrup P, Araújo Póvoas SC, et al. Accuracy and reliability of the InBody 270 multi-frequency body composition analyser in 10-12-year-old children [J]. *PLoS One*, 2021, 16(3): e0247362.
- [3] Ohara K, Nakamura H, Kouda K, et al. Similarities and discrepancies between commercially available bioelectrical impedance analysis system and dual-energy X-ray absorptiometry for body composition assessment in 10-14-year-old children [J]. *Sci Rep*, 2023, 13(1): 17420.
- [4] Lee LW, Liao YS, Lu HK, et al. Validation of two portable bioelectrical impedance analyses for the assessment of body composition in school age children [J]. *PLoS One*, 2017, 12 (2): e0171568.
- [5] Delshad M, Beck KL, Conlon CA, et al. Validity of quantitative ultrasound and bioelectrical impedance analysis for measuring bone density and body composition in children [J]. *Eur J Clin Nutr*, 2021, 75(1): 66-72.
- [6] 李辉,宗心南,季成叶,等. 中国 2~18 岁儿童青少年超重和肥胖筛查体重指数界值点的研究 [J]. *中华流行病学杂志*, 2010, 31(6): 616-620.
- [7] Li H, Zong XN, Ji CY, et al. Body mass index cut-off points for overweight and obesity in Chinese children and adolescents aged 2-18 years [J]. *Chin J Epidemiol*, 2010, 31 (6): 616-620. (in Chinese)
- [8] Ramírez-Vélez R, Correa-Bautista JE, Martínez-Torres J, et al. Performance of two bioelectrical impedance analyses in the diagnosis of overweight and obesity in children and adolescents: The FUPRECOL study [J]. *Nutrients*, 2016, 8 (10): 575.
- [9] Leskinen T, Eloranta AM, Tompuri T, et al. Changes in body composition by age and obesity status in preschool-aged children: the STEPS study [J]. *Eur J Clin Nutr*, 2021, 75 (1): 57-65.
- [10] Chen F, Wang J, Liu J, et al. Characteristics of body composition estimated by air-displacement plethysmography in Chinese preschool children [J]. *Front Public Health*, 2022, 10: 926819.
- [11] Flynn AC, Suleiman F, Windsor-Aubrey H, et al. Preventing and treating childhood overweight and obesity in children up to 5 years old: A systematic review by intervention setting [J]. *Matern Child Nutr*, 2022, 18(3): e13354.
- [12] Escobar-Cardozo GD, Correa-Bautista JE, González-Jiménez E, et al. Percentiles of body fat measured by bioelectrical impedance in children and adolescents from Bogotá (Colombia): The FUPRECOL study [J]. *Arch Argent Pediatr*, 2016, 114(2): 135-142.
- [13] Bangalore Krishna K, Witchel SF. Normal puberty [J]. *Endocrinol Metab Clin North Am*, 2024, 53(2): 183-194.
- [14] McCarthy HD, Ellis SM, Cole TJ. Central overweight and obesity in British youth aged 11-16 years: Cross sectional surveys of waist circumference [J]. *BMJ*, 2003, 326(7390): 624.
- [15] Demerath EW, Schubert CM, Maynard LM, et al. Do changes in body mass index percentile reflect changes in body composition in children? Data from the Fels Longitudinal Study [J]. *Pediatrics*, 2006, 117(3): e487-495.
- [16] Wright CM, Cole TJ, Fewtrell M, et al. Body composition data show that high BMI centiles overdiagnose obesity in children aged under 6 years [J]. *Am J Clin Nutr*, 2022, 116 (1): 122-131.
- [17] Messner A, Nairz J, Kiechl S, et al. Comparison of body mass index and fat mass index to classify body composition in adolescents-The EVA4YOU study [J]. *Eur J Pediatr*, 2024, 183(5): 2203-2214.
- [18] Puwanant M, Mo-Suwan L, Jaruratanasirikul S, et al. Body-fat-percentile curves for Thai children and adolescents [J]. *Nutrients*, 2023, 15(2): 448.

收稿日期:2024-10-18 修回日期:2024-11-29 本文编辑:王悦