DOI: 10.16835/j.cnki.1000-9817.2025067

· 疾病控制 ·

体质量指数与腰围和腰围身高比筛查儿童真实肥胖效果

方荣桓[1], 王悦栋[1], 赵敏[2], 杨丽丽[1], 席波[1]

1.山东大学齐鲁医学院公共卫生学院流行病学系/山东大学儿童心血管研究中心, 济南 250012;
2.山东大学齐鲁医学院公共卫生学院营养与食品卫生学系

【摘要】 目的 评价体质量指数(BMI)、腰围(WC)和腰围身高比(WHtR)筛查儿童真实肥胖的准确性, 旨在为儿童肥胖精准筛查和早期防控提供科学依据。**方法** 数据来自"桓台儿童心血管健康随访队列"2021 年调查的 1 322 名 10~15 岁儿童。采用生物电阻抗法测量体脂肪率(FMP)和脂肪质量指数(FMI), 以 FMP 或 FMI 大于等于相应性别和年龄别的第 70 百分位数为真实肥胖的判定标准。分别采用 BMI、WC 和 WHtR 定义一般性肥胖与中心性肥胖, 并通过计算漏诊率、误诊率、受试者工作特征曲线下面积(AUC)和 *Kappa* 系数等指标, 评价其筛查儿童真实肥胖的效果。**结果** 男生 BMI[(21.79±4.56) kg/m^2]、WC[(76.41±12.53) cm]和 WHtR(0.47±0.07)均高于女生[(20.83±4.13) kg/m^2, (70.69±10.06) cm, (0.45±0.06)](*t* 值分别为 4.02, 9.19, 6.63), 男生 FMP[(18.29±8.35)%]和 FMI[(4.35±2.79) kg/m^2]均低于女生[(24.87±6.51)%, (5.44±2.53) kg/m^2](*t* 值分别为-16.10, -7.42)(*P* 值均<0.01)。以 FMP 为参考标准, BMI、WC 和 WHtR 筛查真实肥胖的漏诊率分别为 12.24%, 2.11%, 2.11%;误诊率分别为 10.88%, 27.28%, 24.33%;AUC 分别为 0.88, 0.85, 0.87;*Kappa* 系数分别为 0.67, 0.48, 0.52。以 FMI 为参考标准, BMI、WC 和 WHtR 筛查真实肥胖的漏诊率分别为 14.20%, 1.23%, 2.78%;误诊率分别为 4.81%, 20.84%, 18.14%;AUC 分别为 0.90, 0.89, 0.90;*Kappa* 系数分别为 0.81, 0.64, 0.67。**结论** BMI 在筛查儿童真实肥胖时漏诊率较高, 而 WC 和 WHtR 的误诊率较高。应在临床实践中推广体脂水平检测, 以实现更精准的慢性病预防与控制。

【关键词】 人体质量指数;腰围;肥胖症;曲线下面积;儿童
【中图分类号】 R 179　R 723.14　R 339.3^{+5}　**【文献标识码】** A　**【文章编号】** 1000-9817(2025)03-0421-05

Performance of body mass index, waist circumference and waist-to-height ratio in screening true obesity in children/*FANG Qihuan*[*], *WANG Yuedong, ZHAO Min, YANG Lili, XI Bo.* [*] *Department of Epidemiology, School of Public Health, Cheeloo College of Medicine/Children Cardiovascular Research Center, Shandong University, Jinan*(250012), *Shandong Province, China*

【Abstract】 Objective To evaluate the accuracy of body mass index (BMI), waist circumference (WC) and waist-to-height ratio (WHtR) in screening true obesity among children, so as to provide a scientific basis for precise screening and early prevention and control of childhood obesity. **Methods** A total of 1 322 children aged 10-15 years old were surveyed by the Huantai Children Cardiovascular Health Cohort in 2021. Fat mass percentage (FMP) and fat mass index (FMI) were measured by bioelectrical impedance analysis, with FMP or FMI values at or above the age- and sex-specific 70th percentiles as the criteria for defining true obesity. BMI, WC and WHtR were used to define general obesity and central obesity. The accuracy of these measures in screening for true obesity was evaluated by calculating the missed diagnosis rate, misdiagnosis rate, area under the curve(AUC) for receiver operating characteristic and *Kappa* coefficient. **Results** Boys had higher BMI [(21.79±4.56) kg/m^2], WC [(76.41±12.53) cm] and WHtR (0.47±0.07) than girls [(20.83±4.13) kg/m^2, (70.69±10.06) cm, (0.45±0.06)] (*t*=4.02, 9.19, 6.63), while boys had lower FMP [(18.29±8.35)%] and FMI [(4.35±2.79) kg/m^2] than girls [(24.87±6.51)%, (5.44±2.53) kg/m^2] (*t*=-16.10, -7.42) (*P*<0.01). Using FMP as a reference standard, the diagnosis error rates of screening for true obesity based on BMI, WC and WHtR were 12.24%, 2.11% and 2.11%, respectively; the diagnosis error rates were 10.88%, 27.28% and 24.33%; the AUC values were 0.88, 0.85 and 0.87; the *Kappa* coefficients were 0.67, 0.48 and 0.52. Using FMI as a reference standard, rates of BMI, WC and WHtR screening for true obesity were 14.20%, 1.23% and 2.78%; the diagnosis error rates were 4.81%, 20.84% and 18.14%; the AUC values were 0.90, 0.89 and 0.90; the *Kappa* coefficients were 0.81, 0.64 and 0.67. **Conclusions** BMI has a higher diagnosis error rate in screening for true obesity in children, while WC and WHtR have higher diagnosis error rates. It is recommended to promote body fat assessment in clinical practice, so as to achieve more accurate prevention and control of chronic diseases.

【Keywords】 Body mass index; Waist circumference; Obesity; Area under curve; Child

【基金项目】 国家自然科学基金项目(81673195, 82173538);国家资助博士后研究人员计划项目(GZC20231438);山东省博士后创新人才支持计划项目(SDBX2023003)

【作者简介】 方荣桓(1997-),男,浙江杭州人,在读硕士,主要研究方向为儿童心血管流行病学。
【通信作者】 杨丽丽, E-mail: yangll221@163.com;席波, E-mail: xibo2010@sdu.edu.cn

超重肥胖已成为威胁我国儿童健康的重要公共卫生问题。1985—2019 年,我国儿童超重肥胖检出率由 1.2%上升至 23.4%[1]。儿童超重肥胖不仅会引起血压升高、血脂异常和血糖偏高等代谢异常,还会损害心脏、血管和肾脏等器官[2]。此外,儿童超重肥胖会增加成年期患心血管疾病等慢性病和死亡的风险[3]。肥胖是指体内脂肪积聚过多的一种慢性病危险因素[4]。体质量指数(body mass index, BMI)是目前常用的一般性肥胖评价指标,但在预测疾病风险时观察到了“肥胖悖论”现象[5-6];肥胖悖论是指在某些疾病(如心血管病)患者群体中,肥胖个体的生存率反而高于正常体重个体的现象,可能与 BMI 难以区分脂肪与瘦体重有关[7]。有学者建议将腰围(waist circumference, WC)和腰围身高比(waist-to-height ratio, WHtR)作为 BMI 的重要补充,用于评价中心性肥胖[7-8]。然而,其仍难以准确反映体内脂肪含量,且更易受测量位置和操作人员的影响。因此,需要更进一步阐明哪一指标能够更有效地筛查和评估儿童真实肥胖[9]。

人体成分分析仪,如生物电阻抗法(bioelectrical impedance analysis, BIA),可有效评估人体脂肪含量和比例,从而更准确地判断个体的真实肥胖情况。本研究将利用 BIA 测量的体脂肪率(fat mass percentage, FMP)和脂肪质量指数(fat mass index, FMI)定义真实肥胖,并分别采用 BMI、WC 和 WHtR 定义一般性肥胖和中心性肥胖,评价 BMI、WC 和 WHtR 筛查儿童真实肥胖的效果,旨在为儿童肥胖精准筛查和早期防控提供科学依据。

1 对象与方法

1.1 对象 研究人群源于“桓台儿童心血管健康随访队列”,该队列采用方便整群抽样方法,于 2017 年在桓台县某小学方便选取一至五年级 1 515 名 6~11 岁的健康儿童作为研究对象进行基线调查,包括问卷调查、体格测量和超声检查等。该队列每 2 年随访 1 次,目前已完成 3 次随访。其中第 2 次随访(2021 年 10—12 月)新增了体成分测量。因此,本研究基于 2021 年的调查数据,共收集 1 353 名儿童的信息。排除体格测量和体成分测量等主要指标缺失的个体后,最终纳入 1 322 名儿童。其中男生 697 名,女生 625 名;年龄 10~15 岁,平均年龄(12.19±1.52)岁。研究方案已通过山东大学公共卫生学院伦理学委员会审批(批号:20160308),所有儿童及其家长均签署了知情同意书。

1.2 调查方法

1.2.1 体格测量 使用 HGM-300 型超声身高体重仪(中国河南盛苑实业有限公司)测量儿童身高、体重,分别精确到 0.1 cm 和 0.1 kg。测量时,要求研究对象身着轻薄衣物并脱鞋帽,直立目视前方。连续测量 2 次,取平均值,并计算 BMI,BMI = 体重(kg)/[身高(m)]^2。WC 测量使用标准的非弹性软尺,于研究对象脐上 1 cm 处紧贴腹部环绕一周,于呼气末读数,精确到 0.1 cm。WHtR = WC/身高。每位研究对象由 2 名测量人员独立完成,取平均值用于分析。

1.2.2 体成分测量 使用人体成分分析仪 X-SCAN PLUS II(韩国杰文)。测量时,研究对象脱去外套和鞋袜,挽起裤脚,衣着轻便,站在仪器踏板中央,脚掌完全接触金属电极,双手握住手柄,手掌覆盖金属电极,大拇指放在手柄按钮上,同时双臂与身体呈 30°角,避免接触身体。研究对象大拇指按下手柄按钮开始测量,测量全程保持安静并维持上述姿势。测量结束后,数据自动传输到电脑端,测量值精确至小数点后 2 位。可直接获得脂肪质量(fat mass, FM),进一步计算 FMP 和 FMI,FMP = FM(kg)/体重(kg)×100%;FMI = FM(kg)/[身高(m)]^2。

1.3 肥胖定义 一般性肥胖采用《学龄儿童青少年超重与肥胖筛查》(WS/T 586—2018)[10]定义,即BMI≥性别和年龄别肥胖对应的 BMI 百分位数。根据中国儿童 WC 百分位数界值[11],将中心性肥胖定义为 WC≥性别和年龄别的第 90 百分位数。WHtR 定义中心性肥胖的界值为:男生 WHtR≥0.48,女生 WHtR≥0.46[12]。参考 2020 年拟合的中国 6~16 岁儿童 FMP 和 FMI 分位数,将 FMP 或 FMI ≥相应性别和年龄别的第 70 百分位数定义为真实肥胖[13]。

1.4 质量控制 调研前,所有参加调研的人员均接受统一的操作规范培训,考核合格后方可参加调研;所有测量仪器在使用前均进行测试和校正。调研全程设有质控人员,确保调研现场安静有序。调研结束后,采用 EpiData 3.0 软件进行双人双录入,并完成一致性检验,对于不一致情况及时查看原始问卷予以修正。

1.5 统计学分析 利用 R 4.1.3 软件完成统计学分析。采用 Q-Q 图对连续型变量进行正态性检验,若符合正态分布,采用($\bar{x}\pm s$)表示,组间比较使用独立样本 t 检验;若不符合正态分布,采用 $M(P_{25}, P_{75})$ 描述,组间比较使用 Wilcoxon 秩和检验。分类变量采用频数和率描述,组间比较使用 χ^2 检验。分别以 FMP 和 FMI 定义真实肥胖,计算 BMI、WC 和 WHtR 筛查真实肥胖的漏诊率、误诊率、阳性预测值、阴性预测值、受试者工作特征曲线下面积(area under the curve, AUC)及其 95%置信区间和 *Kappa* 系数。采用 Delong 非参

数法比较AUC大小，并用 AUC 和 *Kappa* 系数比较男女生 3 种指标筛查真实肥胖的准确性。双侧检验水准 $\alpha=0.05$。

2　结果

2.1　研究对象基本特征　男生身高、体重、BMI、WC 和 WHtR 水平均高于女生，而 FMP 和 FMI 水平低于女生，差异均有统计学意义（*P* 值均<0.01）。见表 1。男生一般性肥胖率（29.27%，204/697）、WC 定义中心性肥胖率（44.05%，307/697）和 WHtR 定义中心性肥胖率（41.03%，286/697）均高于女生（19.52%，122/625；35.36%，221/625；33.60%，210/625）（χ^2 值分别为 16.33，10.00，7.45，*P* 值均<0.01），但男生 FMP 定义和 FMI 定义的真实肥胖率（19.08%，133/697；25.68%，179/697）与女生（16.64%，104/625；23.20%，145/625）相比，差异均无统计学意义（χ^2 值分别为 1.17，0.97，*P* 值均>0.05）。

表 1　不同性别儿童体格测量和体成分检测数据比较（$\bar{x}\pm s$）

Table 1　Comparison of physical measurement and body composition testing data among children of different genders（$\bar{x}\pm s$）

性别	人数	体重/kg	身高/cm	BMI/（kg·m^{-2}）	WC/cm	WHtR	FMP/%	FMI/（kg·m^{-2}）
男	697	57.92±16.30	161.92±11.88	21.79±4.56	76.41±12.53	0.47±0.07	18.29±8.35	4.35±2.79
女	625	52.16±13.12	157.47±8.18	20.83±4.13	70.69±10.06	0.45±0.06	24.87±6.51	5.44±2.53
t 值		7.11	8.00	4.02	9.19	6.63	−16.10	−7.42
P 值		<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01

2.2　BMI、WC 和 WHtR 筛查儿童真实肥胖的效果评价　以 FMP 和以 FMI 为参考标准，BMI、WC 和 WHtR 筛查真实肥胖的混淆矩阵如表 2～3 所示。进一步计算可得，以 FMP 为参考标准，BMI 筛查真实肥胖的漏诊率为 12.24%，误诊率为 10.88%，阳性预测值为 63.80%，阴性预测值为 97.09%，AUC（95%*CI*）为 0.88（0.86～0.91），*Kappa* 系数为 0.67；WC 筛查真实肥胖的漏诊率为 2.11%，误诊率为 27.28%，阳性预测值为 43.94%，阴性预测值为 99.37%，AUC（95%*CI*）为 0.85（0.84～0.87），*Kappa* 系数为 0.48；WHtR 筛查真实肥胖的漏诊率为 2.11%，误诊率为 24.33%，阳性预测值为 46.77%，阴性预测值为 99.39%，AUC（95%*CI*）为 0.87（0.85～0.88），*Kappa* 系数为 0.52。经 Delong 检验，仅 WC 筛查真实肥胖的 AUC 略低于 BMI。由表 4 可见，按照性别分层后，女生 BMI、WC 和 WHtR 筛查真实肥胖的 AUC 和 *Kappa* 系数均高于男生。

以 FMI 为参考标准，BMI 筛查真实肥胖的漏诊率为 14.20%，误诊率为 4.81%，阳性预测值为 85.28%，阴性预测值为 95.38%，AUC（95%*CI*）为 0.90（0.88～0.92），*Kappa* 系数为 0.81；WC 筛查真实肥胖的漏诊率为 1.23%，误诊率为 20.84%，阳性预测值为 60.61%，阴性预测值为 99.50%，AUC（95%*CI*）为 0.89（0.88～0.90），*Kappa* 系数为 0.64；WHtR 筛查真实肥胖的漏诊率为 2.78%，误诊率为 18.14%，阳性预测值为63.51%，阴性预测值为 98.91%，AUC（95%*CI*）为 0.90（0.88～0.91），*Kappa* 系数为 0.67。Delong 检验显示，BMI、WC 和 WHtR 筛查真实肥胖的 AUC 差异均无统计学意义（*P* 值均>0.05）。由表 5 可见，女生 BMI、WC 和 WHtR 筛查真实肥胖的 AUC 和 *Kappa* 系数仍均高于男生。

表 2　FMP 参考标准下 BMI、WC、WHtR 筛查不同性别儿童真实肥胖混淆矩阵

Table 2　Confusion matrix for screening true obesity among children of different genders by BMI, WC and WHtR under FMP

性别	选项	BMI		WC		WHtR	
		正常[a]	一般性肥胖	正常	中心性肥胖	正常	中心性肥胖
男	正常	473	91	388	176	407	157
	真实肥胖	20	113	2	131	4	129
女	正常	494	27	401	120	414	107
	真实肥胖	9	95	3	101	1	103
总体	正常	967	118	789	296	821	264
	真实肥胖	29	208	5	232	5	232

注：[a]包括超重儿童。

表 3　FMI 参考标准下 BMI、WC、WHtR 筛查不同性别儿童真实肥胖混淆矩阵

Table 3　Confusion matrix for screening true obesity among children of different genders by BMI, WC and WHtR under FMI

性别	选项	BMI		WC		WHtR	
		正常[a]	一般性肥胖	正常	中心性肥胖	正常	中心性肥胖
男	正常	471	47	388	130	405	113
	真实肥胖	22	157	2	177	6	173
女	正常	479	1	402	78	412	68
	真实肥胖	24	121	2	143	3	142
总体	正常	950	48	790	208	817	181
	真实肥胖	46	278	4	320	9	315

注：[a]包括超重儿童。

3　讨论

本研究结果显示，BMI、WC 和 WHtR 在筛查儿童真实肥胖时均表现出较高的阴性预测值和 AUC 值，但阳性预测值和 *Kappa* 系数相对较低。其中，分别基于 FMP 和 FMI 参考标准下，用 BMI 筛查肥胖会漏诊 12.24%和 14.20%真实肥胖儿童，而用 WC 和 WHtR 则会分别误诊 27.28%，24.33%和 20.84%，18.14%正常

儿童。因此,建议在临床实践中推广体脂水平检测,这将有助于儿童肥胖和相关慢性病的精准防控。此外,在女生中 3 种指标筛查真实肥胖的准确性均高于男生。

表 4 FMP 参考标准下 BMI、WC 和 WHtR 筛查不同性别儿童真实肥胖的效果(n=1 322)

Table 4 Accuracy of BMI, WC and WHtR in screening true obesity among children of different genders under FMP(n=1 322)

性别	指标	漏诊率/%	误诊率/%	阳性预测值/%	阴性预测值/%	AUC 值(95%*CI*)	*Kappa* 系数
男	BMI(一般性肥胖)	15.04	16.13	55.39	95.94	0.84(0.81~0.88)	0.57
	WC(中心性肥胖)	1.50	31.21	42.67	99.49	0.84(0.82~0.86)	0.45
	WHtR(中心性肥胖)	3.01	27.84	45.10	99.03	0.85(0.82~0.87)	0.48
女	BMI(一般性肥胖)	8.65	5.18	77.87	98.21	0.93(0.90~0.96)	0.80
	WC(中心性肥胖)	2.88	23.03	45.70	99.26	0.87(0.85~0.90)*	0.51
	WHtR(中心性肥胖)	0.96	20.54	49.05	99.76	0.89(0.87~0.91)*	0.56

注: * 与 BMI(一般性肥胖)组相比,P<0.05。

表 5 FMI 参考标准下 BMI、WC 和 WHtR 筛查不同性别儿童真实肥胖的效果(n=1 322)

Table 5 Accuracy of BMI, WC and WHtR in screening true obesity among children of different genders under FMI(n=1 322)

性别	指标	漏诊率/%	误诊率/%	阳性预测值/%	阴性预测值/%	AUC 值(95%*CI*)	*Kappa* 系数
男	BMI(一般性肥胖)	12.29	9.07	76.96	95.54	0.89(0.87~0.92)	0.75
	WC(中心性肥胖)	1.12	25.10	57.65	99.49	0.87(0.85~0.89)	0.60
	WHtR(中心性肥胖)	3.35	21.81	60.49	98.54	0.87(0.85~0.90)	0.63
女	BMI(一般性肥胖)	16.55	0.21	99.18	95.23	0.92(0.89~0.95)	0.88
	WC(中心性肥胖)	1.38	16.25	64.71	99.50	0.91(0.89~0.93)	0.70
	WHtR(中心性肥胖)	2.07	14.17	67.62	99.28	0.92(0.90~0.94)	0.72

由于 BMI 具有高效、简便且成本较低的优势,被广泛应用于一般性肥胖的评估和筛查。然而,由于 BMI 无法区分脂肪和瘦体重,其在筛查真实肥胖时的准确性仍存在一定争议[7,14]。2015 年一项 Meta 分析研究发现,以 FMP 为参考标准,BMI 筛查真实肥胖的特异度较高(93%,95%*CI*=88%~96%),但灵敏度较低(73%,95%*CI*=67%~79%),即 BMI 作为筛查工具可能会漏诊约 1/4 的真实肥胖儿童[15]。2022 年,美国一项针对 5~18 岁儿童的研究发现,在年龄别BMI≥95 百分位数的男生和年龄别 BMI≥85 百分位数的女生中,BMI 与 FMI 密切相关,但在 BMI 水平较低的儿童中,BMI 水平与体脂水平之间差异较大[16]。以上研究证据支持本研究结果,揭示了 BMI 作为真实肥胖筛查指标的局限性。有研究表明,BMI 漏诊的真实肥胖儿童出现心血管代谢异常的风险显著增加[17]。

WC 和 WHtR 是常用于识别中心性肥胖的指标。巴西一项纳入了 788 名 4~9 岁儿童的研究发现,WC 和 WHtR 筛查双能 X 射线吸收法定义的体脂过多的 AUC 值和灵敏度较高,但特异度较低,与本研究结果一致[18]。提示 WC 和 WHtR 筛查肥胖会误诊部分正常儿童,可能对儿童及其家庭造成额外的心理负担。本研究还发现 WHtR 筛查真实肥胖与 WC 效果相当,验证了其作为 WC 替代指标的可行性[19]。同样,本课题组前期研究显示 WC 和 WHtR 筛查儿童颈动脉内中膜厚度增加和左心室肥厚的效果相似[20-21]。

此外,本研究发现 BMI、WC 和 WHtR 筛查女生真实肥胖的效果优于男生,可能是性别差异导致的体成分变化。在青春期阶段,随着年龄的增长,男生的瘦体重增加明显,而女生则表现为脂肪增加为主[22]。有研究表明,女生 BMI 与 FMI 的相关性强于男生[23],7~10 岁男生 BMI 与 FMI 的关联强于 14~16 岁男生[24]。

本研究存在以下局限:第一,研究仅采用 BIA 法测量体脂水平,未使用 X 射线吸收法[25]。已有证据表明 BIA 与 DXA 之间具有较高的相关性[26],并且 BIA 操作简单、经济且安全,适用于大规模儿童体脂监测和筛查。第二,研究样本来源于山东省某县部分儿童,研究结果外推需谨慎。第三,目前国内尚无统一的儿童体脂定义真实肥胖界值。

利益冲突声明 所有作者声明无利益冲突。

参考文献

[1] 董彦会, 陈力, 刘婕妤, 等. 1985—2019 年中国 7~18 岁儿童青少年超重与肥胖的流行趋势及预测研究[J].中华预防医学杂志, 2023, 57(4): 461-469.
DONG Y H, CHEN L, LIU J Y, et al. Epidemiology and prediction of overweight and obesity among children and adolescents aged 7-18 years in China from 1985 to 2019[J].Chin J Prev Med, 2023, 57(4): 461-469. (in Chinese)

[2] 杨丽丽, 席波. 儿童期肥胖与靶器官损害关系的研究进展[J].中华预防医学杂志, 2019, 53(7): 731-736.
YANG L L, XI B. Childhood obesity and early target organ damage [J].Chin J Prev Med, 2019,53 (7): 731-736. (in Chinese)

[3] SOMMER A, TWIG G. The impact of childhood and adolescent obesity on cardiovascular risk in adulthood: a systematic review[J].Curr Diab Rep, 2018, 18(10):91.

[4] YANG X, HAO X X, LIU M X, et al. The prevalence of obesity and the relationship between obesity indicators and chronic diseases in Northern Shaanxi, China[J]. Endokrynol Pol, 2024, 75(1):71-82.

[5] SMITH G I, MITTENDORFER B, KLEIN S. Metabolically healthy o-

besity: facts and fantasies[J]. J Clin Invest, 2019, 129(10):3978-3989.

[6] ELAGIZI A, KACHUR S, LAVIE C J, et al. An overview and update on obesity and the obesity paradox in cardiovascular diseases[J]. Prog Cardiovasc Dis, 2018, 61(2):142-150.

[7] PRILLAMAN M. Why BMI is flawed and how to redefine obesity[J]. Nature, 2023, 622(7982):232-233.

[8] 马传伟, 羊柳, 赵敏, 等. 儿童腹型肥胖及其肥胖类型与颈动脉内中膜厚度的关系[J]. 中华流行病学杂志, 2020, 41(9): 1450-1454.
MA C W, YANG L, ZHAO M, et al. Association of abdominal obesity and obesity types with carotid intima-media thickness in children in China[J]. Chin J Epidemiol, 2020, 41(9): 1450-1454. (in Chinese)

[9] LELIJVELD N, BENEDICT R K, WROTTESLEY S V, et al. Towards standardised and valid anthropometric indicators of nutritional status in middle childhood and adolescents[J]. Lancet Child Adolesc, 2022, 6(10):738-746.

[10] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. 学龄儿童青少年超重与肥胖筛查:WS/T 586—2018[S].北京:中国标准出版社, 2018.
National Health and Family Planning Commission of the PRC. Screening for overweight and obesity among school-age children and adolescents:WS/T 586-2018[S].Beijing:Standards Press of China, 2018. (in Chinese)

[11] 中华人民共和国国家卫生健康委员会. 7 岁~18 岁儿童青少年高腰围筛查界值:WS/T 611—2018[S].北京:中国标准出版社, 2018.
National Health Commission of the PRC. High waist circumference screening threshold among children and adolescents aged 7-18 years: WS/T 611-2018[S]. Beijing:Standards Press of China, 2018. (in Chinese)

[12] 中华医学会儿科学分会内分泌遗传代谢学组, 中华医学会儿科学分会心血管学组, 中华医学会儿科学分会儿童保健学组. 中国儿童青少年代谢综合征定义和防治建议[J]. 中华儿科杂志, 2012, 50(6): 420-422.
Subspecialty Group of Endocrinologic, Hereditary and Metabolic Diseases, Society of Pediatrics, Chinese Medical Association, Subspecialty Group of Cardiology, Society of Pediatrics, Chinese Medical Association, Subspecialty Group of Child Health Care, Society of Pediatrics, Chinese Medical Association. The definition of metabolic syndrome and prophylaxis and treatment proposal in Chinese children and adolescents[J]. Chin J Pediatr, 2012, 50(6): 420-422. (in Chinese)

[13] 李海波, 程红, 侯冬青, 等. 基于生物电阻抗法测量的体脂肪量对儿童血压和血糖代谢异常的预测价值[J].中国当代儿科杂志, 2020, 22(1): 17-23.
LI H B, CHENG H, HOU D Q, et al. Value of body fat mass measured by bioelectrical impedance analysis in predicting abnormal blood pressure and abnormal glucose metabolism in children[J]. Chin J Contemp Pediatr, 2020, 22(1): 17-23. (in Chinese)

[14] CHEN F F, LIU J T, YAN Y K, et al. Abnormal metabolic phenotypes among urban Chinese children: epidemiology and the impact of DXA-measured body composition[J]. Obesity, 2019, 27(5):837-844.

[15] JAVED A, JUMEAN M, MURAD M H, et al. Diagnostic performance of body mass index to identify obesity as defined by body adiposity in children and adolescents: a systematic review and Meta-analysis[J].Pediatr Obes, 2015, 10(3):234-244.

[16] MARSHALL T A, CURTIS A M, CAVANAUGH J E, et al. Associations between body mass index and body composition measures in a birth cohort[J]. Pediatr Res, 2022, 91(6):1606-1615.

[17] ZAPATA J K, AZCONA-SANJULIAN M C, CATALÁN V, et al. BMI-based obesity classification misses children and adolescents with raised cardiometabolic risk due to increased adiposity[J]. Cardiovasc Diabetol, 2023, 22(1):240.

[18] FILGUEIRAS M D, VIEIRA S A, FONSECA P C D, et al. Waist circumference, waist-to-height ratio and conicity index to evaluate android fat excess in Brazilian children[J]. Public Health Nutr, 2019, 22(1):140-146.

[19] LO K, WONG M, KHALECHELVAM P, et al. Waist-to-height ratio, body mass index and waist circumference for screening paediatric cardio-metabolic risk factors: a Meta-analysis[J]. Obes Rev, 2016, 17(12):1258-1275.

[20] 张云飞. 不同肥胖评价指标筛查儿童左心室肥厚和几何重构的效果比较[D]. 济南:山东大学, 2021.
ZHANG Y F. Comparison of the effect of different obesity indicators on screening left ventricular hypertrophy and geometric remodeling in children[D]. Jinan:Shandong University, 2021. (in Chinese)

[21] 陈华. 体质量指数、腰围和腰围身高比筛检儿童血管损伤的效果比较[D]. 济南:山东大学, 2018.
CHEN H. Comparison of the effect of waist circumference, waist-to-height ratio and body mass index on screening of vascular damage in children[D]. Jinan:Shandong University, 2018. (in Chinese)

[22] ALWIS G, ROSENGREN B, STENEVI-LUNDGREN S, et al. Normative dual energy X-ray absorptiometry data in Swedish children and adolescents[J]. Acta Paediatr, 2010, 99(7):1091-1099.

[23] GALLAGHER D, VISSER M, SEPULVEDA D, et al. How useful is body mass index for comparison of body fatness across age, sex, and ethnic groups? [J]. Am J Epidemiol, 1996, 143(3):228-239.

[24] SARRIA A, GARCIA-LLOP L A, MORENO L A, et al. Skinfold thickness measurements are better predictors of body fat percentage than body mass index in male Spanish children and adolescents[J]. Eur J Clin Nutr, 1998, 52(8):573-576.

[25] MÜLLER M J, BRAUN W, POURHASSAN M, et al. Application of standards and models in body composition analysis[J]. Proc Nutr Soc, 2016, 75(2):181-187.

[26] NG B K, LIU Y L, WANG W, et al. Validation of rapid 4-component body composition assessment with the use of dual-energy X-ray absorptiometry and bioelectrical impedance analysis[J]. Am J Clin Nutr, 2018, 108(4):708-715.

收稿日期:2024-12-02　**修回日期**:2025-01-09　**本文编辑**:孙曼莉