·儿少卫生与妇幼保健·

儿童青少年体重别握力与代谢综合征的关联性分析

宋永芳[1,2],李卓光[1],郑荣飞[1],赵岫[1],吴楚姗[1],肖润廷[1],苏琪茹[3],熊静帆[4],苏喆[1]
1.汕头大学医学院附属深圳儿童医院内分泌科,广东 深圳 518038;2.南方科技大学医院儿科,广东 深圳 518055;
3.深圳儿童医院临床研究室;4.深圳市慢性病防治中心

摘要:目的　探讨体重别握力(weight-specific handgrip strength, Wt-HGS)与代谢综合征(metabolic syndrome, MetS)及其组分的关系,为儿童青少年代谢风险评估提供新的依据。**方法**　数据来源于 2021 年深圳市中小学生营养健康与生长发育评估与监测项目。依据握力百分位参考标准,将握力按年龄别握力(age-specific handgrip strength, Age-HGS)和 Wt-HGS 分为四分位(Q1~Q4),其中 Q1 定义为低握力组。比较两种标准下低握力儿童的 MetS 及其组分患病率差异。**结果**　研究共纳入 3 272 名 10~18 岁儿童青少年,中位年龄为 13.8(11.9,15.6)岁,MetS 患病率为 3.9%(*n*=129)。基于 Wt-HGS 标准划分的低握力组,其 MetS 患病率显著高于 Age-HGS 标准组(男童 9.4% vs. 2.6%;女童 5.9% vs. 1.4%)。Logistic 回归分析显示,以 Wt-HGS 最高四分位(Q4)为参照,男童 Q1 组的 MetS 患病风险显著增加(*OR*=5.26,95%*CI*: 2.55~10.85),女童风险更高(*OR*=11.91,95%*CI*: 2.78~51.04);在调整年龄、青春发育分期等潜在混杂因素后,该关联仍显著存在。**结论**　较低的 Wt-HGS 水平可能是儿童青少年 MetS 的危险因素,提示加强肌力评估与干预措施,可能有助于 MetS 的早期防控。

关键词:儿童青少年;握力;体重;代谢综合征;横断面研究
中图分类号:R179;R725.8;R589　　**文献标志码**:A　　**文章编号**:1003-8507(2025)23-4310-06
DOI:10.20043/j.cnki.MPM.202501232

Association between weight-specific handgrip strength and metabolic syndrome in children and adolescents

SONG Yong-fang*, LI Zhuo-guang*, ZHENG Rong-fei, ZHAO Xiu, WU Chu-shan, XIAO Run-ting, SU Qi-ru, XIONG Jing-fan, SU Zhe
Department of Endocrinology, Affiliated Shenzhen Children's Hospital of Shantou University Medical College, Shenzhen, Guangdong 518038, China

Abstract: Objective To explore the relationship between weight-specific handgrip strength (Wt-HGS) and metabolic syndrome (MetS) and its components, providing new evidence for metabolic risk assessment in children and adolescents. **Methods** Data were derived from the 2021 Evaluation and Monitoring of School-based Nutrition and Growth in Shenzhen (EMSNGS) study. Based on handgrip strength percentile reference standards, handgrip strength was categorized into quartiles (Q1-Q4) using both age-specific (Age-HGS) and weight-specific (Wt-HGS) percentiles, with Q1 defined as the low handgrip strength group. The prevalence of MetS and its components was compared between the low handgrip strength groups based on the two standards. **Results** A total of 3 272 children and adolescents aged 10-18 years were included in the study, with a median age of 13.8 (11.9, 15.6) years and a MetS prevalence of 3.9% (*n*=129). The prevalence of MetS was significantly higher in the low handgrip strength group defined by Wt-HGS than in that defined by Age-HGS (boys: 9.4% vs 2.6%; girls: 5.9% vs 1.4%). Logistic regression analysis revealed that, compared to the highest quartile of Wt-HGS (Q4), the odds ratio (*OR*) for MetS risk in boys in the Q1 group was 5.26 (95% *CI*: 2.55-10.85), and for girls, the risk was even higher (*OR*=11.91, 95% *CI*: 2.78-51.04). After adjusting for age, puberty stage, and other potential confounders, the association remained statistically significant. **Conclusion** Lower Wt-HGS may be a risk factor for MetS in children and adolescents, highlighting the potential value of muscle strength assessment and targeted interventions in the early prevention and control of MetS.

Keywords: Children and adolescents; Handgrip strength; Weight; Metabolic syndrome; Cross-sectional study

基金项目:国家自然科学基金(82501063);广东省卫生健康委员会高水平临床重点专科(深圳市配套建设经费)项目(SZGSP012);广东省高水平医院建设经费深圳市儿童医院临床研究专项课题(LCYJ2022088);广东省基础与应用基础研究基金(2023A1515110354);广东省高水平医院财政资金(ynkt2022-zz15);深圳市"医疗卫生三名工程"项目资助(SZSM202411011)

作者简介:宋永芳(1983—),女,硕士,副主任医师,研究方向:儿童内分泌疾病;李卓光(1993—),男,博士,主治医师,研究方向:儿童内分泌遗传罕见病;宋永芳与李卓光为共同第一作者
通信作者:苏喆,E-mail:su_zhe@126.com

代谢综合征(metabolic syndrome, MetS)是一组以中心性肥胖、高血压、高血糖和血脂异常为主要特征的代谢紊乱状态,是 2 型糖尿病和心脑血管疾病的重要危险因素[1-2]。2020 年,全球儿童和青少年 MetS 患病率分别为 2.8%和 4.8%,中国分别为 2.3%和 2.9%,已成为亟需关注的公共卫生问题[3]。尽管成人研究已证实骨骼肌功能与代谢健康密切相关,但生长发育期人群中尚存争议[4-5]。握力作为肌肉力量的重要指标,受体型与发育差异影响,因缺乏统一的标准化方法,其与代谢结局的关联结果不一致[6-8]。现有的标准化方法易受到体成分差异的影响,导致反向偏倚。为克服上述问题,我们团队在建立中国 6~18 岁握力参考体系时,创新性提出了"体重别握力"(weight-specific handgrip strength, Wt-HGS)的概念,通过按体重分组绘制握力百分位曲线,实现体型同质化评估,更准确地反映肌力与体重的生理关系[9]。本研究基于该体系,探讨 Wt-HGS 与 MetS 及其组分的关联,为儿童青少年代谢风险的早期识别提供参考依据。

1　对象与方法

1.1　调查对象　本研究纳入 2021 年 10—12 月参与深圳市中小学生营养健康与生长发育评估与监测(Evaluation and Monitoring on School-based Nutrition and Growth in Shenzhen,EMSNGS)项目基线调查的儿童青少年。该项目采用多阶段分层整群随机抽样,从深圳市 10 个行政区各随机抽取 1 所小学、初中和高中(共 27 所,含 3 所九年一贯制学校),再从每个年级中随机抽取 1 个班级进行调查。所有研究对象均在知情和自愿的基础上参与。本项目获得了深圳市儿童医院医学伦理委员会(审批号:SCH2021105)和深圳市慢性病防治中心伦理委员会(审批号:SZCC-2021-037-01-PJ)的批准,并在中国临床试验注册中心登记(登记号:ChiCTR2100051722)。

纳入标准为年龄 10~18 岁的调查对象。排除标准:(1)研究相关的关键信息缺失;(2)无法配合禁食要求;(3)存在可能影响生长发育的慢性疾病,如骨发育异常、内分泌疾病(生长激素缺乏症、甲状腺疾病、青春发育异常等)、血液系统疾病、慢性肝肾疾病等;(4)长期使用生长激素、糖皮质激素或免疫抑制剂等药物;(5)近期患有急性疾病。

样本量估算:计算公式如下,$N_1=deff\frac{\mu^2p(1-p)}{d^2}$。其中置信水平取 95%(双侧),对应 μ 值为 1.96;p 取 2020 年中国青少年 MetS 患病率 2.9%;相对误差 r 为 20%,则 d=r×p。设计效应(deff)取值为 1.2,估算所需样本量约为 2 840 人。考虑到预期应答率为 90%,最终所需样本量约为:2 840 / 0.9 ≈ 3 156 人。

1.2　方法　(1)问卷调查:基本信息、人口学特征、生活方式、疾病史和用药史等。(2)体格测量:按照《学生健康检查技术规范》(GB/T 26343—2010)的要求。身体质量指数(body mass index, BMI)计算公式为体重(kg)除以身高的二次方(m^2)。(3)握力测量及标准化:用电子握力计(Jamar Plus+)测量,参照团队前期建立的中国儿童青少年握力百分位参考标准[9],按年龄别握力(age-specific handgrip strength,Age-HGS)和体重别握力(Wt-HGS)划分为四分位等级(Q1~Q4)。(4)青春发育评估:按 Tanner 分期,I 期为前期,II 或 III 期为早中期,IV 或 V 期为晚期。(5)代谢指标检测:早晨空腹采血检测空腹血糖(fasting blood glucose, FBG)、高密度脂蛋白胆固醇(high-density lipoprotein cholesterol, HDL-C)、低密度脂蛋白胆固醇(low-density lipoprotein cholesterol, LDL-C)、甘油三酯(triglycerides)等指标。

1.3　MetS 诊断标准　根据中华医学会儿科分会发布的《中国儿童青少年代谢综合征定义和防治建议》[10],≥10 岁儿童青少年 MetS 的诊断标准如下,中心性肥胖(腰围≥同性别同年龄儿童腰围的第 90 百分位)作为基本和必备条件,同时满足以下任意两项:(1)高血糖:空腹血糖受损(FBG≥5.6 mmol/L)、糖耐量受损,或已确诊为 2 型糖尿病;(2)高血压:收缩压(systolic blood pressure)或舒张压(diastolic blood pressure)≥同年龄同性别儿童血压的第 95 百分位;(3)脂蛋白异常:HDL-C<1.03 mmol/L 或 LDL-C≥3.76 mmol/L。(4)高甘油三酯≥1.47 mmol/L。

1.4　统计学分析　使用 SPSS 25.0 软件进行统计分析。正态分布的连续性变量以表示,组间比较采用独立样本 t 检验(方差齐时)或校正 t 检验(方差不齐时)。非正态分布连续性变量以[$M(P_{25},P_{75})$]表示,组间比较采用非参数检验,两两比较采用 Mann-Whitney U 检验,多组间比较采用 Kruskal-Wallis H 检验。分类变量以百分比(%)表示,组间比较采用 χ^2 检验或 Fisher 确切概率法。采用二元 logistic 回归模型评估不同 Wt-HGS 分位等级与 MetS 及其组分之间的关联。所有统计检验均为双侧检验,检验水准 α=0.05。

2　结　果

2.1　研究对象基本特征　本研究最终纳入 3 272 名儿童青少年,其中男童 1 830 人,女童 1 442 人;年龄范围为 10~18 岁,中位年龄为 13.8(11.9,15.6)岁。本研究中确诊为 MetS 者共 129 人,总患病率为 3.9%;其中男童 MetS 患病人数为 92 人(5.0%),女童为 37 人(2.6%)。对于男童,MetS 组与非 MetS 组的指标比

较显示：MetS 组的身高、体重、BMI、握力、腰围、收缩压、舒张压、LDL-C 及甘油三酯水平均高于非 MetS 组，HDL-C 水平则低于非 MetS 组，差异均有统计学意义（$P<0.05$）。女童中上述指标的组间差异规律与男童一致。不同性别儿童青少年 MetS 组与非 MetS 组人口学特征及代谢指标比较见表 1。

表 1　不同性别儿童青少年 MetS 组与非 MetS 组人口学特征及代谢指标比较[$M(P_{25},P_{75})$]

Table 1　Comparison of demographic characteristics and metabolic indicators between the MetS group and the non-MetS group in children and adolescents of different genders [$M\ (P_{25},\ P_{75})$]

人口学特征（数据类型）	男童				女童			
	MetS 组（n=92）	非 MetS 组（n=1 738）	统计量值	P 值	MetS 组（n=37）	非 MetS 组（n=1 405）	统计量值	P 值
年龄（岁）	13.9 (12.2,16.0)	13.8 (11.9,15.8)	76 544.500	0.491	13.5 (12.3,15.5)	13.7 (11.8,15.4)	24 368.500	0.516
发育分期（前期 / 早中期 / 晚期）	6/27/59	154/555/1 029	1.087	0.594	0/3/34	29/243/1 133	2.188	0.322
身高（cm）	169.9 (159.7,177.0)	166.6 (154.4,172.9)	63 854.500	0.001	161.7 (157.5,167.2)	158.4 (152.5,163.2)	18 414.000	0.002
体重（kg）	77.6 (64.0,87.6)	54.8 (43.9,64.2)	25 743.000	<0.001	67.9 (59.4,74.6)	47.5 (41.4,53.8)	4 011.500	<0.001
BMI（kg/m^2）	26.92 (24.23,29.49)	19.53 (17.45,22.24)	14 538.500	<0.001	26.28 (23.65,27.82)	18.86 (17.01,20.71)	3 295.500	<0.001
握力（kg）	34.1 (22.1,42.2)	29.3 (19.5,37.6)	62 414.000	<0.001	24.3 (19.2,27.2)	20.5 (16.4,24.5)	1 921.500	0.007
腰围（cm）	90.0 (83.0,95.4)	69.0 (63.0,76.0)	11 795.000	<0.001	82.5 (78.8,89.5)	66.0 (61.0,71.1)	2 524.000	<0.001
收缩压（mm Hg）	128.0 (118.3,136.8)	116.0 (108.0,123.0)	39 301.000	<0.001	121.0 (115.0,125.0)	107.0 (101.0,113.0)	7 453.000	<0.001
舒张压（mm Hg）	72.0 (68.0,80.0)	68.0 (63.0,73.0)	50 273.500	<0.001	75.0 (69.0,79.0)	68.0 (63.0,72.0)	12 436.000	<0.001
血糖（mmol/L）	5.55 (5.10,5.78)	5.20 (5.00,5.50)	57 470.000	<0.001	5.30 (4.95,5.60)	5.10 (4.90,5.30)	20 710.000	0.034
HDL-C（mmol/L）	1.10 (0.97,1.28)	1.39 (1.22,1.59)	32 018.500	<0.001	1.21 (1.08,1.39)	1.46 (1.29,1.63)	12 233.500	<0.001
LDL-C（mmol/L）	3.04 (2.52,3.57)	2.43 (2.13,2.83)	43 533.000	<0.001	3.36 (2.81,3.62)	2.57 (2.24,2.94)	11 441.500	<0.001
甘油三酯（mmol/L）	1.52 (1.02,1.94)	0.75 (0.61,0.98)	23 245.000	<0.001	1.72 (1.44,2.08)	0.84 (0.67,1.06)	4 644.500	<0.001

注：发育分期表示按前期、早中期、晚期划分发育阶段。

2.2　基于 Age-HGS 和 Wt-HGS 划分的低握力儿童在 MetS 及其组分患病率的比较　依据握力百分位参考标准，握力数据按 Age-HGS 和 Wt-HGS 分为四分位等级（Q1 ~ Q4），其中最低四分位（Q1）被定义为低握力组。图 1 展示了 Age-HGS 和 Wt-HGS 低握力组（Q1）在 MetS 及其各组分上的患病率差异。结果表明，Wt-HGS 低握力男童的 MetS（9.4% vs. 2.6%）及其组分中心性肥胖（47.4% vs. 15.1%）、高血糖（24.4% vs. 18.5%）、高甘油三酯（12.6% vs. 7.3%）和脂蛋白异常（17.1% vs. 12.3%）的患病率均显著高于 Age-HGS 低握力男童（$P<0.05$）。同样，Wt-HGS 低握力女童在 MetS（5.9% vs. 1.4%）及其组分中心性肥胖（33.7% vs. 8.9%）和高甘油三酯（12.7% vs. 6.6%）的患病率也显著高于 Age-HGS 低握力女童（$P<0.05$）。

2.3　不同 Wt-HGS 等级儿童青少年的代谢特征　握力数据按照 Wt-HGS 四分位等级（Q1 ~ Q4）进行划分。男童 Q1 ~ Q4 等级的人数分别为 508、412、447 和 463 人，女童分别为 371、348、343 和 380 人。分析结果表明，与低握力组相比，男女童的 Wt-HGS 等级越高，MetS 患病率越低（$P<0.05$）。同时，男女童的中心性肥胖、高甘油三酯的患病率也随 Wt-HGS 等级的提高而降低（$P<0.05$）。然而，高血糖、脂蛋白异常的患病率仅在男童中与 Wt-HGS 等级呈负向关联（$P<0.05$），而高血压的患病率在男女童中均未观察到与 Wt-HGS 等级的统计学关联（$P>0.05$）。见表 2。

2.4　Wt-HGS 与 MetS 及其组分患病风险的关联分析　以 Wt-HGS 最高四分位等级（即 Q4）为参照，采用二元 logistic 回归模型评估不同 Wt-HGS 等级与 MetS 及其组分之间的关联，见表 3。回归分析中，我们采用年龄、青春发育分期进行了混杂因素校正。结果显示，Wt-HGS 等级的降低与男女童 MetS 患病风险的显著升高相关。以 Q4 组为参照，男童在 Q2 和 Q1 组的 MetS 患病风险分别显著升高，其比值比（odds ratio, *OR*）分别为 3.40（95% *CI*: 1.57 ~ 7.34）和 5.26（95% *CI*: 2.55 ~ 10.85）；女童在 Q1 组的 *OR* 为 11.91（95% *CI*: 2.78 ~ 51.04）。也就是说，处于 Wt-HGS 最

低四分位(Q1)的儿童在两性中均表现出显著较高的 MetS 患病风险。该关联在校正年龄和青春期发育分期等混杂因素后仍然成立。

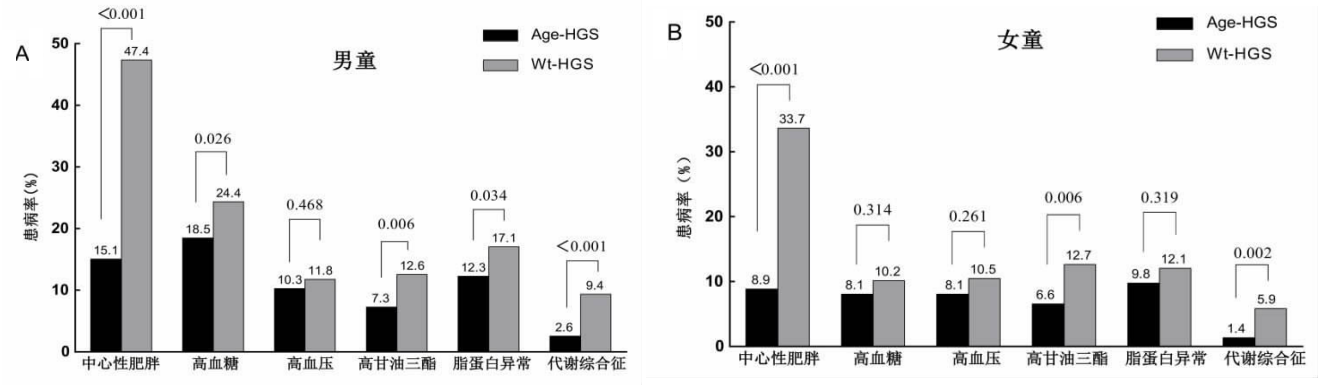


图 1　年龄别与体重别握力标准下低握力儿童 MetS 及其组分患病率的比较

Figure 1　Comparison of the prevalence of metabolic syndrome and its components among children with low handgrip strength using age-specific (Age-HGS) and weight-specific (Wt-HGS) standards

表 2　不同 Wt-HGS 等级研究对象的代谢指标特征

Table 2　Metabolic characteristics of study population across different weight-specific handgrip strength (Wt-HGS) categories

性别	握力等级	人数	年龄 (岁)	发育分期(前/早中/晚)	握力 (kg)	中心性肥胖 (%)	高血糖(%)	高血压(%)	高甘油三酯 (%)	脂蛋白异常 (%)	MetS(%)
男童	Q1	508	12.6 (11.3,14.5)	61/220/227	22.3 (16.4,28.4)	47.4	24.4	11.8	12.6	17.1	9.4
	Q2	412	14.0 (12.1,15.8)	29/117/266	31.3 (21.4,35.6)	18.4	17.0	16.0	8.0	14.3	6.3
	Q3	447	14.4 (12.4,16.3)	30/125/292	34.6 (21.5,39.9)	7.4	18.1	17.0	5.4	11.6	2.0
	Q4	463	14.4 (12.6,16.1)	46/120/303	37.4 (23.3,45.3)	5.6	16.4	15.1	3.9	9.9	1.9
	统计值		110.491	61.084	312.855	336.687	12.41	6.699	30.426	12.409	39.924
	P 值		<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.006	0.082	<0.001	0.006	<0.001
女童	Q1	371	13.0 (11.4,15.1)	5/67/299	16.7 (13.3,19.7)	33.7	10.2	10.5	12.7	12.1	5.9
	Q2	348	13.5 (11.8,15.5)	5/60/283	20.0 (16.7,22.3)	13.2	8.9	8.6	8.0	10.1	2.0
	Q3	343	14.2 (12.2,15.5)	5/51/287	22.5 (19.6,25.2)	11.4	12.2	9.9	7.6	10.5	2.0
	Q4	380	13.9 (12.2,15.8)	14/68/298	25.5 (19.6,28.8)	7.6	11.8	9.2	5.0	7.6	0.3
	统计值		25.841	3.681	383.854	110.081	2.587	0.846	14.955	4.303	25.642
	P 值		<0.001	0.298	<0.001	<0.001	0.461	0.839	0.002	0.231	<0.001

注:非正态分布连续性变量以[$M(P_{25},P_{75})$]表示。

表 3　Wt-HGS 等级与 MetS 患病风险的关联分析[*OR* (95%*CI*)]

Table 3　Association analysis between weight-specific handgrip strength (Wt-HGS) categories and metabolic syndrome risk [*OR* (95% *CI*)]

模型	男童 Wt-HGS 四分位区间				女童 Wt-HGS 四分位区间			
	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4
模型一	5.26 (2.55 ~ 10.85)***	3.40 (1.57 ~ 7.34)**	1.04 (0.41 ~ 2.64)	1.00	11.91 (2.78 ~ 51.04)**	3.38 (0.80 ~ 18.80)	3.94 (0.81 ~ 19.08)	1.00
模型二	6.13 (2.94 ~ 12.81)***	3.54 (1.64 ~ 7.65)**	1.04 (0.41 ~ 2.63)	1.00	12.90 (3.00 ~ 55.54)**	3.98 (0.82 ~ 19.29)	3.93 (0.81 ~ 19.07)	1.00
模型三	5.74 (2.77 ~ 11.90)***	3.40 (1.57 ~ 7.35)**	1.03 (0.41 ~ 2.63)	1.00	11.66 (2.72 ~ 50.00)**	3.77 (0.78 ~ 18.27)	3.76 (0.78 ~ 18.25)	1.00
模型四	6.10 (2.92 ~ 12.75)***	3.51 (1.62 ~ 7.59)**	1.03 (0.41 ~ 2.63)	1.00	12.09 (2.80 ~ 52.19)**	3.82 (0.79 ~ 18.55)	3.79 (0.78 ~ 18.37)	1.00

注:采用二元 logistic 回归分析 Wt-HGS 四分位等级与 MetS 的关联性;模型 1 为未校正模型;模型 2 校正年龄;模型 3 校正青春发育分期;模型 4 同时校正年龄和青春发育分期;* 表示 $P<0.05$,** 表示 $P<0.01$,*** 表示 $P<0.001$。

3　讨　论

本研究首次采用团队已建立的中国深圳地区 10～18 岁青少年 Wt-HGS 参考标准，对握力进行标准化处理[9]，并探讨其与 MetS 之间的关联；同时，将其与 Age-HGS 进行对比，旨在为 MetS 的早期筛查提供一种直观且可行的评估方法。研究结果显示，10～18 岁青少年中 MetS 的总体患病率为 3.9%，且存在显著性别差异，男童（5.0%）显著高于女童（2.6%），这与多项既往研究结果一致[3,11-12]。令人担忧的是，已有纵向研究表明儿童期 MetS 可持续至成年，并增加心血管疾病及 2 型糖尿病的风险[13-14]。因此，早期识别和干预儿童 MetS 至关重要。

握力作为衡量肌肉力量的常用指标，近年来已被证实与代谢健康密切相关[6,15-16]。尽管握力与体重的比值（HGS/Wt）已被纳入青少年肌力评估的参考标准之一[6,17]，但该指标存在局限性。一是，儿童握力与体重的关系受肌肉 / 脂肪比例动态调节，且无法区分体重中的肌肉与脂肪等成分，可能掩盖体成分异质性对握力的真实影响；二是，现有研究多聚焦中老年或特定疾病人群，缺乏发育期人群的证据。本研究提出通过按体重四分位分组构建 Wt-HGS 代谢风险分层框架，具有以下优势：更敏感地识别高风险人群（如最低四分位组，男童和女童的 MetS 风险 *OR* 分别为 5.26 和 11.91）；与成人研究互补，揭示青少年肌肉与代谢健康的普适关联规律；基于握力百分位曲线实现标准化评估，为代谢可塑性关键期的风险识别提供精准工具。

本研究与团队近期的 EMSNGS 研究[9]共同证实，Wt-HGS 在识别 MetS 风险方面明显优于 Age-HGS。例如，本研究中，Wt-HGS 低握力组男童的 MetS 患病率为 9.4%，而 Age-HGS 低握力组为 2.6%；在女童中，该差异同样具有统计学意义（5.9% vs. 1.4%）。EMSNGS 研究[9]通过 GAMLSS 模型建立了中国儿童体重特异性握力参考值，并发现 Wt-HGS 低握力组的 CMRI z 评分（心脏代谢风险指数）显著高于年龄调整组，尤其在男童中，剂量 – 反应关系更为显著。这一结果的生理学基础在于，握力需对抗自身体重负荷，Wt-HGS 更能反映肌肉功能与代谢需求之间的动态平衡。此外，男女童低 Wt-HGS 组的 MetS 风险显著不同，这一性别差异与已有研究揭示的肌肉代谢性别特异性机制一致[18-19]，提示在 MetS 防控中应结合性别差异制定更精准的握力评估标准和干预策略。

本研究发现，较低的 Wt-HGS 水平可能是儿童青少年 MetS 的潜在危险因素。通过按体重分层，Wt-HGS 能够有效校正体型偏倚，特别适用于肥胖或营养不良等极端体型群体。作为一种简便且无创的肌力评估工具，Wt-HGS 可在学校健康筛查中广泛应用，为 MetS 的早期识别提供有力支持。此外，研究结果还支持将肌力训练纳入儿童青少年的代谢健康干预策略，尤其是针对低握力个体的精准干预[6,20]。本研究的局限性包括：首先，作为横断面研究，仅能揭示握力与 MetS 之间的相关性，尚需前瞻性研究验证因果关系；其次，部分潜在影响因素如睡眠、饮食及体育活动水平未被纳入，可能影响结果的全面性；最后，研究对象局限于深圳地区青少年，可能限制外部推广性。

综上所述，本研究证实 Wt-HGS 是儿童青少年 MetS 的独立风险标志，其评估效果优于传统的年龄别标准。建议在公共卫生实践中推广体重标准化握力测评，并结合早期肌力干预，以降低代谢异常风险，为慢性病防控前移提供科学依据。

利益冲突声明　本研究不存在任何利益冲突

参考文献

[1] Peterseim CM, Jabbour K, Kamath MA. Metabolic syndrome: an updated review on diagnosis and treatment for primary care clinicians [J]. Journal of Primary Care & Community Health, 2024, 15: 21501319241309168.

[2] Zhang BQ, Shi HY, Cai WH, et al. Metabolic syndrome in children and adolescents: definitions, epidemiology, pathophysiology, interventions, and challenges [J]. Frontiers in Endocrinology, 2025, 16: 1512642.

[3] Noubiap JJ, Nansseu JR, Lontchi-Yimagou E, et al. Global, regional, and country estimates of metabolic syndrome burden in children and adolescents in 2020: a systematic review and modelling analysis[J]. Lancet Child Adolesc Health, 2022, 6(3): 158-170.

[4] Jung HN, Jung CH, Hwang YC. Sarcopenia in youth [J]. Metabolism, 2023, 144: 155557.

[5] De lima TR, Martins PC, Moreno YMF, et al. Muscular fitness and cardiometabolic variables in children and adolescents: a systematic review[J]. Sports Medicine, 2022, 52(7): 1555-1575.

[6] Wen Y, Liu TC, Ma CC, et al. Association between handgrip strength and metabolic syndrome: A meta-analysis and systematic review[J]. Front Nutr, 2022, 9: 996645.

[7] Ha LE, Jun S, Park H. Handgrip strength thresholds associated with metabolic syndrome risk in children and adolescents: a systematic review and meta-analysis [J]. Epidemiology and Health, 2024, 46: e2024047.

[8] De LT, Sui X, Silva D. Normalization of muscle strength measurements in the assessment of cardiometabolic risk factors in adolescents [J]. International Journal of Environmental Research and Public Health, 2021, 18(16): 8428.

[9] Li ZG, Wu CS, Song YF, et al. Weight-Specific grip strength as a novel indicator associated with cardiometabolic risk in children: the EMSNGS study [J]. Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism, 2025, 110(3): 624-633.

[10] Subspecialty Group of Endocrinologic, Hereditary and Metabolic Diseases, The Society of Pediatrics, Chinese Medical Association; Subspecialty Group of Cardiology, The Society of Pediatrics, Chinese

（下转第 4325 页）

Emergency and Resuscitation Branch of the Chinese Society of Cardiothoracic Anesthesia, National Committee on Cardiopulmonary Resuscitation of the Chinese Society of Cardiothoracic Anesthesia, Management Branch Emergency Center Station of China Hospital Association, et al. Expert consensus on drowning emergency treatment[J]. Chinese Journal of Emergency Medicine, 2016, 25(12): 1230-1236.(In Chinese)

[17] 石禹. 互联网 +" 模式 120 急救调度系统的设计与实现[D]. 南京:东南大学,2019.
Shi Y. Design and implementation of "Internet plus" model 120 emergency dispatching system [D]. Nanjing: Southeast University, 2019.(In Chinese)

[18] 中华人民共和国教育部. 中小学公共安全教育指导纲要[EB/OL]. [2025-10-11]. http://www.moe.gov.cn/jyb_xxgk/moe_1777/moe_1778/tnull_27696.html.
Ministry of Education of the People's Republic of China. Guidelines for public safety education in primary and secondary schools[EB/OL]. [2025-10-11]. http://www.moe.gov.cn/jyb_xxgk/moe_1777/moe_1778/tnull_27696.html.(In Chinese)

[19] 国家卫生健康委,国家中医药局,国家疾控局,等. "儿科和精神卫生服务年" 行动方案 (2025-2027 年)[EB/OL]. [2025-10-11]. https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/202504/content_7021393.htm.
National Health Commission, National Administration of Traditional Chinese Medicine, National Bureau of Disease Control and Prevention, et al. Action plan for the year of pediatric and mental health services (2025-2027)[EB/OL]. [2025-10-11]. https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/202504/content_7021393.htm.(In Chinese)

[20] 木亚斯尔·麦麦提,穆尼热克孜·买买提依明,董航,等. 新疆疏附县中小学生溺水知信行状况及环境影响因素调查[J]. 疾病预防控制通报,2023,38(5):26-31.
Muyasier Maimaiti, Munirekezi Maimaitiyiming, Dong H, et al. Survey of knowledge, attitude and practice of drowning and environmental influencing factors among primary and secondary students in Shufu county of Xinjiang [J]. Endemic Diseases Bulletin (China), 2023, 38(5): 26-31.(In Chinese)

[21] Xie ZY, Huang ZH, Ran QF, et al. Global burden of drowning and risk factors across 204 countries from 1990 to 2021 [J]. Scientific Reports, 2025, 15(1): 10916.

[22] 高蕊. 基于智慧课堂的小学防溺水教学设计研究[D]. 洛阳:洛阳师范学院,2024.
Gao R. Research on the teaching design of primary school drowning prevention based on smart classroom [D]. Luoyang: Luoyang Normal University, 2024.(In Chinese)

[23] 水思远. 生命安全教育视域下小学生防溺水课程设计与实践研究[D]. 武汉:武汉体育学院,2024.
Shui SY. Research on the design and practice of drowning prevention curriculum for primary school students from the perspective of life safety education[D]. Wuhan: Wuhan Institute of Physical Education, 2024.(In Chinese)

收稿日期:2025-07-04

(上接第 4314 页)

Medical Association; Subspecialty Groups of Child Health Care, The Society of Pediatrics, Chinese Medical Association. The definition of metabolic syndrome and prophylaxis and treatment proposal in Chinese children and adolescents [J]. Chinese Journal of Pediatrics, 2012, 50(6): 420-422.

[11] Shi J, He L, Yu DM, et al. Prevalence and correlates of metabolic syndrome and its components in Chinese children and adolescents aged 7-17: the China National nutrition and health survey of children and lactating mothers from 2016-2017[J]. Nutrients, 2022, 14(16): 3348.

[12] Ramesh S, Abraham RA, Sarna A, et al. Prevalence of metabolic syndrome among adolescents in India:a population-based study[J]. BMC Endocrine Disorders, 2022, 22(1): 258.

[13] Rus M, Crisan S, Andronie-Cioara FL, et al. Prevalence and risk factors of metabolic syndrome: a prospective study on cardiovascular health[J]. Medicina (Kaunas, Lithuania), 2023, 59(10): 1711.

[14] Lu X, Xie Q, Pan X, et al. Type 2 diabetes mellitus in adults: pathogenesis, prevention and therapy [J]. Signal Transduct Target Ther, 2024, 9(1): 262.

[15] Wu H, Wang D, Wang X, et al. The association between handgrip strength and metabolic syndrome:A large prospective Chinese cohort study[J]. Maturitas, 2025, 192: 108157.

[16] Chen W, Chen D, Zhuang Y, et al. From muscle quality to metabolic health: investigating the association between muscle quality index and metabolic syndrome in adults [J]. Diabetology & Metabolic Syndrome, 2025, 17(1): 213.

[17] Lee CH, Lee JH, Jeong YW, et al. Handgrip strength cutoff value among Korean adolescents with metabolic syndrome components: Korean National health and nutrition examination survey data 2014-2017[J]. Metabolic Syndrome and Related Disorders, 2022, 20 (10): 584-591.

[18] Tchernof A, Brochu D, Maltais-Payette I, et al. Androgens and the regulation of adiposity and body fat distribution in humans [J]. Comprehensive Physiology, 2018, 8(4): 1253-1290.

[19] Borger O, Perl L, Yackobovitch-Gavan M, et al. Body composition and metabolic syndrome components in transgender/gender diverse adolescents and young adults [J]. LGBT Health, 2024, 11 (5): 359-369.

[20] Jung HW, Lee J, Kim J. Handgrip strength is associated with metabolic syndrome and insulin resistance in children and adolescents: Analysis of Korea national health and nutrition examination survey 2014-2018[J]. J Obes Metab Syndr, 2022, 31(4): 334.

收稿日期:2025-01-13