

# 基于中高强度身体活动指南的中国儿童青少年每日推荐步数

贾辰康<sup>1,2</sup>, 刘小美<sup>1,2</sup>, 李雨浓<sup>1,2</sup>, 岳梦晴<sup>1,2</sup>, 曹昕辰<sup>1,2</sup>,  
刘梦金<sup>1,2</sup>, 曹振波<sup>1,2</sup>, 朱政<sup>1,2</sup>

(1.上海体育大学 运动健康学院, 上海 200438; 2.运动健身科技省部共建教育部重点实验室, 上海 200438)

**摘 要:** 探析我国儿童青少年每日中高强度身体活动(moderate-to-vigorous physical activity, MVPA)时长与步数间的对应关系, 开发身体活动指南推荐的每日至少 60 min MVPA 所对应步数阈值, 为我国儿童青少年 MVPA 评价提供新的实用选择。以上海市、四川省成都市、河南省鹤壁市 1 741 名 6~18 岁儿童青少年为研究对象, 使用三轴加速度计 ActiGraph wGT3X-BT 连续监测 7 天身体活动。以年龄、性别为分层变量, 随机抽取 70%有效佩戴日数据作为方程建立样本, 30%有效佩戴日数据作为验证样本; 使用一元线性回归模型分析每日 MVPA 时长和每日步数的关系, 得出 6~11 岁儿童、12~18 岁青少年每日 60 min MVPA 所对应的步数阈值, 并通过 ROC 曲线判别步数阈值的区分效能, 最后通过验证样本判别不同阈值区分准确度。结果显示: 每日步数与每日 MVPA 相关性显著( $r=0.87$ ,  $P<0.001$ ), 儿童和青少年达到“每日至少 60 min MVPA”的步数分别为 10 149~11 319 步和 9 502~10 660 步, ROC 曲线结果显示本研究提出的步数阈值的约登指数均高于已有阈值。验证样本中, 儿童 11 000 步/天与青少年 10 000 步/天的阈值判断的 MVPA 达标率与实际达标率的误差最低(-0.2%和 1.4%), 准确率分别为 88.5%和 87.4%。研究认为, 我国 6~11 岁儿童每日 11 000 步、12~18 岁青少年每日 10 000 步的活动量能够满足世界卫生组织与中国儿童青少年身体活动指南所推荐的“每天至少 60 分钟 MVPA”, 可作为评价我国儿童青少年是否满足推荐量的实用标准。

**关键词:** 身体活动量; 每日步数; 中小學生; 身体活动指南

**中图分类号:** G807 **文献标志码:** A **文章编号:** 1006-7116(2026)02-0145-08

## Daily steps recommendation for Chinese children and adolescents based on moderate-to-vigorous physical activity guidelines

JIA Chenkang<sup>1,2</sup>, LIU Xiaomei<sup>1,2</sup>, LI Yunong<sup>1,2</sup>, YUE Mengqing<sup>1,2</sup>, CAO Xinchen<sup>1,2</sup>,  
LIU Mengjin<sup>1,2</sup>, CAO Zhenbo<sup>1,2</sup>, ZHU Zheng<sup>1,2</sup>

(1.School of Exercise and Health, Shanghai University of Sport, Shanghai 200438, China;

2.Key Laboratory of Exercise and Health Sciences of the Ministry of Education, Shanghai 200438, China)

**Abstract:** This study aimed to investigate the relationship between daily moderate-to-vigorous intensity physical activity (MVPA) duration and steps in Chinese children and adolescents, and also to establish step-count thresholds equivalent to the recommended 60 minutes of daily MVPA, so as to provide new and practicable choose for evaluating MVPA of Chinese children and adolescents. A total of 1 741 participants aged from 6 to 18 from the city of Shanghai, Chengdu, and Hebi were continuously monitored for 7 days by using ActiGraph wGT3X-BT accelerometers. Age and sex acted as stratified variables, 70% valid data were randomly selected to develop predictable equations and other 30% of that utilized for testing samples. An univariate linear regression model was

收稿日期: 2025-08-15

基金项目: 国家社会科学基金一般项目(24BTY090)。

作者简介: 贾辰康(2000-), 男, 硕士研究生, 研究方向: 儿童青少年身体活动与健康促进。E-mail: 2321516014@sus.edu.cn

通信作者: 朱政

used to analyze the relations between daily MVPA and steps, and then steps thresholds for meeting the "≥ 60 min MVPA" recommendation were calculated for children (6~11 years) and adolescents (12~18 years). ROC curves distinguished the discriminative performance of the new and currently used thresholds, and the accuracy of different thresholds was evaluated using the testing samples. Results showed that a significant correlation between daily steps and MVPA ( $r = 0.87, P < 0.001$ ), and the steps ranges for meeting the MVPA recommendation were 10 149 ~ 11319 steps per day for children and 9 502 ~ 10 660 steps per day for adolescents. In accordance with results from ROC curves in this research, the Youden indices for the new thresholds were higher than those of existing thresholds. As for the testing samples, thresholds of 11 000 steps per day for children and 10 000 steps per day for adolescents showed the smallest error in classifying MVPA compliance (-0.2% and 1.4%, respectively), with accuracy rate of 88.5% and 87.4%, respectively. In conclusion, the activity volume of daily steps of 11 000 for children (6~11 years) and 10 000 for adolescents (12~18 years) in China could effectively meet the WHO and Chinese guideline recommendation of ≥ 60 minutes of MVPA for children and adolescents, and could be served as a practical standard for evaluating whether the children and adolescents in China meet the recommendation volume.

**Keywords:** physical activity volume; daily steps; primary and secondary school students; physical activity guidelines

儿童青少年时期是全面提升身体素质和培养全生命周期健康行为的关键时期,充足的身体活动可以降低儿童青少年肥胖症及二型糖尿病的患病风险,还可促进心肺适能、代谢功能和骨骼肌肉系统的健康发展<sup>[1-2]</sup>。尽管如此,儿童青少年身体活动不足仍成为全球普遍现象<sup>[3]</sup>。2016—2018 年我国儿童青少年每日中高强度身体活动(Moderate-to-Vigorous Physical Activity, MVPA)大于等于 60 min 的比例仅为 36.30%<sup>[4]</sup>。为促进儿童青少年身体活动,各国陆续发布 30 多份身体活动指南<sup>[5-7]</sup>,其中《世界卫生组织身体活动与久坐行为指南》与《中国儿童青少年身体活动指南》(下文简称为“指南”)均提出:6~17 岁儿童青少年每周平均每天应进行至少 60 min MVPA<sup>[8-9]</sup>。这一推荐量一经发布便得到广泛认可与推广。

然而,当前准确的 MVPA 测量及评价多基于加速度计并需经过复杂的数据降维,设备昂贵且需专业人员操作,高昂经济成本和操作难度对于大规模流行病学调查造成负担。此外,对于儿童青少年及家长而言,指南以活动类型、频率、强度等方式描述的推荐量不仅难以理解,而且在判别上也存在种种误区,往往难以付诸实践<sup>[10-11]</sup>,可见大众急需更简单易懂的身体活动推荐量评价方法。一直以来,步数这一指标因直观易懂而被大众熟知,可穿戴设备和手机程序常将“每天 10 000 步”作为默认活动目标<sup>[12-13]</sup>。如运动手环等可穿戴设备因价格亲民而使用广泛<sup>[14]</sup>,且多可直接提供与加速度计相关性较高的步数数据<sup>[15-18]</sup>。因此,若能建立判别 MVPA 水平的步数标准,公共卫生从业者和监护人将可以更便捷地识别未满足 MVPA 推荐量的儿童青少年,尽早采取措施促进其健康成长。遗憾的

是,当前我国并无可靠的儿童青少年的每日步数推荐量,国内外相关研究多针对学龄前儿童和成人,对于儿童青少年的相关研究多局限于单中心、小样本,导致儿童青少年的步数推荐值在每天 10 000~14 000 步的宽泛区间内波动<sup>[19-22]</sup>,亟须通过客观、大样本证据建立的本土儿童青少年的步数推荐量。

基于此,本研究旨在采用中国华中(河南鹤壁)、华东(上海)、西南(四川成都)三大地理区域多中心加速度计监测数据,且综合使用线性回归和受试者工作特征曲线两种统计学方法,构建中国儿童青少年每日推荐步数阈值。研究结果将填补中国儿童青少年步数标准研究的空白,为制定更加便捷的身体活动识别方法提供科学依据。

## 1 研究对象与方法

### 1.1 研究对象

测试对象为河南省鹤壁市、四川省成都市、上海市的中小学生。使用“G\* Power 3.1”软件计算研究所需最小样本量。效应大小设置为 0.15<sup>[23]</sup>;  $\alpha = 0.05$ (双侧);  $\text{Power}(1 - \beta) = 0.9$  进行前验统计功效计算,估算本研究所需的最小样本量为 73 人。考虑到样本流失、数据丢失等影响,实际样本量需要比预估多 10%~20%<sup>[24]</sup>,即本研究最少需要 88 名调查对象。采用多阶段分层整群抽样方法选择受试对象,在上述 3 个地区各选取 2 所小学、初中和高中,在每所学校的每个年级中随机抽取 1 个班级(至少 30 人)进行测量,纳入的学生男女比例约为 1:1。最终 1 741 人(男生 844 人,女生 897 人,6~18 岁)参与本研究,所有学生均身体健康,无任何肢体障碍及运动禁忌症。所有研究对象均为自愿

参与,且已由学生与法定监护人签署纸质知情同意书。本研究已获得上海体育大学科学研究伦理委员会批准(伦理审批号:102772019RT063)。

## 1.2 研究方法

### 1) 基本信息和形态学特征测量。

学生的出生年月、年级等基本信息由学生家长填写问卷进行收集,年龄由测量日期减去出生日期进行计算。身高体重采用统一、标准的身高计和电子体重计进行测量,身高测量精确至 0.1 cm,体重测量精确至 0.1 kg。通过体重(kg)/身高(m)<sup>2</sup>计算 BMI,并根据世界卫生组织提供的不同性别和年龄的中位数、变异系数、偏度系数通过 LMS 法计算 BMI Z 分,超过+3 分和低于-3 分的 Z 分将根据世界卫生组织提供的公式进行校准计算。

### 2) 身体活动与步数测量。

采用 ActiGraph wGT3X-BT 三轴加速度计(ActiGraph LLC, Pensacola, FL, USA)测量调查对象的身体活动水平及每日步数。研究对象被要求将加速度计佩戴于右侧髁部持续一周<sup>[25]</sup>,仅在睡觉、洗澡、游泳时摘除并每天填写佩戴记录表,以便后期核查数据。加速度计将记录身体在冠状轴、矢状轴和垂直轴 3 个方向上活动产生的加速度变化,后以活动计数(activity count, AC)值来反映身体活动水平。加速度计数据处理参数设置见表 1,拥有至少 3 个有效工作日及 1 个有效休息日的调查对象将被纳入分析。步数由 Actilife 6.13.3 软件自动计算,每分钟步数相加得到当日总步数。

表 1 加速度计数据处理参数类别及定义

参数类别	参数定义
未佩戴加速度计	连续 60 min 及以上的 0 AC(允许有小于等于 2 min 的 0~100 AC) <sup>[26]</sup>
每日有效佩戴时长	24 h 减未佩戴时长
有效佩戴日	每日有效佩戴时长≥600 min
采样间隔	15 s <sup>[27]</sup>
中高强度身体活动划分	中高强度身体活动:≥2 296ACs/min <sup>[28]</sup>

### 3) 统计处理与分析。

使用 Kolmogorov-Smirnov 法对数据的正态性进行检验,当不符合正态分布时采用中位数(四分位距)对数据进行描述。学段和性别间的比较采用曼惠特尼 U 检验,使用卡方检验比较不同年龄和性别群体满足每天 60 min MVPA 的比例,后续分析均按性别和年龄分别进行。以性别和年龄为分层变量,采用分层随机抽样法在不同年龄和性别的样本中抽取 70%作为预测方程建立组,其余 30%样本作为验证组。使用一元线性回归分析在方程建立组建立每日步数与每日 MVPA 的

预测方程并获得满足每日 60 min MVPA 的步数,并以加速度计测量的 MVPA 时长作为金标准,使用 Receiver Operating Characteristic Curve(ROC 曲线)比较两项国外大样本研究和本研究步数阈值的敏感度和特异度<sup>[29-30]</sup>。对比较结果较好的步数阈值,以加速度计测量的 MVPA 时长为标准,在验证组进一步比较对不同年龄性别群体 MVPA 推荐量满足情况判别能力,并进行不同阈值的个体判别准确度分析,公式为(真阳性数量+真阴性数量)/总体数量。使用 SPSS 26.0 和 GraphPad Prism 10.1.2 进行统计学分析,显著性水平设定为  $P < 0.05$ 。

## 2 结果与分析

### 2.1 调查对象基本特征

在 1 825 名儿童青少年中,84 名因不满足有效身体活动数据条件或基本信息不完整被剔除,共计 1 741 名儿童青少年(11 214 个有效加速度计佩戴日)被纳入分析,其中男生 844 名(48.5%),6~11 岁儿童 849 名(48.8%)。结果显示(见表 2):在形态特征方面,儿童男生的身高、体重与女生无显著差异,但 BMI 和 BMI Z 分显著高于女生,青少年男生的身高、体重、BMI 和 BMI Z 分均显著高于女生。

在身体活动和步数特征方面,每日平均步数和每日平均 MVPA 时长具有较强的相关性( $r = 0.87$ ,  $P < 0.001$ ),男生的每日平均步数、每日平均 MVPA 时长及满足平均每日至少 60 min MVPA 的比例均显著高于女生( $P < 0.001$ )。儿童(6~11 岁)和青少年(12~18 岁)群体相比,每日平均 MVPA 时长及满足 MVPA 推荐量的比例无明显差异,但青少年每日平均步数显著低于儿童( $P < 0.001$ )。不同性别群体的比较中,儿童和青少年男生每日平均 MVPA、平均每日步数及满足 MVPA 推荐量的比例均高于同年龄段的女生( $P < 0.001$ )。相同性别不同年龄群体的比较中,儿童男生的每日 MVPA 时长( $P = 0.019$ )、每日步数( $P < 0.001$ )均与青少年男生有显著差异,儿童女生和青少年女生相比,每日 MVPA 时长没有显著差异( $P = 0.797$ ),每日平均步数存在显著差异( $P < 0.001$ )。在满足 MVPA 推荐量比例方面,相同性别的儿童和青少年之间没有显著差异。

### 2.2 每日推荐步数线性回归和 ROC 曲线

分层抽样结果显示,实际抽取方程开发样本共 7 850 天,占比 69.9%,验证样本为 3 364 天,占比 30.1%。方程样本的线性回归得到不同性别儿童青少年预测方程的平均  $R^2$  为 0.77,儿童的推荐步数范围为 10 149~11 319 步/天,青少年的推荐步数范围为 9 502~10 660 步/天(见表 3)。

由于实践推广中整数形式标准具有易记易传播的

特点,在上述步数范围中选取 10 000、10 500、11 000 步作为儿童的推荐值,9 500、10 000、10 500 步作为青少年步数推荐值与国外研究结果进行 ROC 曲线分析。结果显示,儿童的 ROC 曲线下面积为 0.921(95%CI: 0.912~0.930,  $P < 0.000 1$ ),青少年为 0.945(95%CI: 0.940~0.954,  $P < 0.000 1$ ),表明步数区分 MVPA 达标情况的性能良好。儿童的 ROC 曲线分析显示,10 000、10 500 和 11 000 步的步数阈值的约登指数

(约登指数=特异度+灵敏度-1)均高于以往研究的 11 500 和 12 000 步(0.678, 0.666, 0.642 VS 0.594, 0.523);青少年的 ROC 曲线分析显示,9 500、10 000 和 10 500 步的步数阈值的约登指数均高于以往研究的 11 500 和 12 000 步(0.750, 0.705, 0.645 VS 0.483, 0.411)。由此可见,上述儿童青少年的新步数标准较国外研究所提出的阈值在特异度和敏感度上更加均衡(见图 1)。

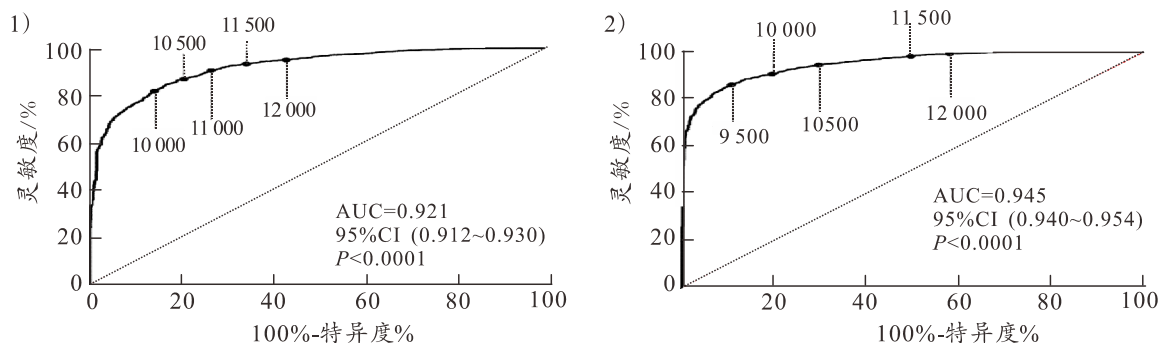
表 2 调查对象基本特征

指标	组别	全部	男	女
人数(百分比)	总体	1 741	844(48.5%)	897(51.5%)
	儿童	849	415(48.9%)	434(51.1%)
	青少年	892	429(48.0%)	463(52.0%)
有效天数	总体	11 214	5 405	5 809
	儿童	5 438	2 663	2 775
	青少年	5 776	2 742	3 034
年龄/岁	总体	11.6±3.5	11.6±3.5	11.6±3.4
	儿童	8.5±1.7	8.5±1.7	8.5±1.7
	青少年	14.5±1.8 <sup>2)</sup>	14.6±1.8	14.4±1.8
身高/cm	总体	151.2±17.4	153.3±19.3	149.2±15.3 <sup>1)</sup>
	儿童	137.0±12.1	136.7±11.4	137.2±12.8
	青少年	164.8±8.8 <sup>2)</sup>	169.4±8.9 <sup>2)</sup>	160.5±6.1 <sup>1)2)</sup>
体重/kg	总体	45.2±16.2	47.8±18.4	42.8±13.4 <sup>1)</sup>
	儿童	33.3±10.3	34.0±10.8	32.6±9.8
	青少年	56.6±12.1 <sup>2)</sup>	61.0±13.9 <sup>2)</sup>	52.4±8.2 <sup>1)2)</sup>
BMI/(kg·m <sup>-2</sup> )	总体	19.1±3.6	19.5±4.0	18.7±3.3 <sup>1)</sup>
	儿童	17.4±3.1	17.8±3.3	17.0±2.8 <sup>1)</sup>
	青少年	20.7±3.4 <sup>2)</sup>	21.1±3.9 <sup>2)</sup>	20.3±2.8 <sup>1)2)</sup>
BMI Z 分(WHO)	总体	0.26±1.19	0.43±1.32	0.09±1.01 <sup>1)</sup>
	儿童	0.4±1.25	0.62±1.35	0.18±1.11 <sup>1)</sup>
	青少年	0.15±1.12 <sup>2)</sup>	0.28±1.28 <sup>2)</sup>	0.03±0.93 <sup>1)2)</sup>
日均 MVPA/min	总体	44.5±17.1	50.4±18.0	38.9±14.0 <sup>1)</sup>
	儿童	45.2±18.3	51.9±19.5	38.7±14.4 <sup>1)</sup>
	青少年	43.8±15.8	49.0±16.3 <sup>2)</sup>	39.0±13.6 <sup>1)</sup>
日均步数/步	总体	8 418±2291	8 983±2 365	7 886±2 083 <sup>1)</sup>
	儿童	8 913±2347	9 568±2 465	8 287±2 043 <sup>1)</sup>
	青少年	7 946±2132 <sup>2)</sup>	8 416±2 118 <sup>2)</sup>	7 511±2 053 <sup>1)2)</sup>
满足 MVPA 推荐人数/%	总体	266(15.3%)	211(25.0%)	55(6.1%) <sup>1)</sup>
	儿童	138(16.3%)	111(26.7%)	27(6.2%) <sup>1)</sup>
	青少年	128(14.3%)	100(23.0%)	28(6.0%) <sup>1)</sup>

1)同年龄组男女生相比,  $P < 0.05$ ; 2)同性别儿童和青少年相比,  $P < 0.05$

表 3 儿童青少年满足 MVPA 推荐量的步数阈值

项目	组别	全部	男	女
步数预测方程	儿童	3 571.73+118.21×MVPA	3 629.65+114.56×MVPA	3 538.46+123.26×MVPA
	青少年	2 375.30+127.65×MVPA	2 374.80+123.79×MVPA	2 164.97+136.78×MVPA
$R^2$	儿童	0.73	0.76	0.70
	青少年	0.81	0.82	0.82
目标步数±标准误(95% CI)	儿童	10 664±131	10 503±180	10 934±197
		(10 407, 10 922)	(10 149, 10 857)	(10 549, 11 319)
	青少年	10 035±107	9 802±153	10 372±147
		(9 826, 10 244)	(9 502, 10 102)	(10 084, 10 660)



1)儿童 ROC 曲线; 2)青少年 ROC 曲线

图 1 不同步数阈值在儿童和青少年判断 MVPA 达标的步数 ROC 曲线位置

### 2.3 不同步数阈值的判别效能比较

相较于加速度计测量 MVPA 时长满足实际满足率, 10 000、10 500、11 000、11 500、12 000 步/天在儿童验证样本满足率中的误差分别为 9.2%、3.8%、-0.2%、-3.4%和-6.3%, 其中 11 000 步/天误差最小, 不同性别儿童比较中也表现出最小的误差(-1.2%, 0.8%), 表明 11 000 步/天的阈值能较为准确判别儿童的 MVPA 满足情况。在青少年验证样本中, 10 000 步/天

的误差(1.4%)小于其他步数阈值(8.9%, -2.1%, -9.7%和-12.5%), 且在男生中也有最小误差(0.3%), 但在女生中的误差较高(3.9%)。综合来看, 前人提出的 11 500 和 12 000 步/天会明显低估儿童和青少年的 MVPA 水平, 此现象在青少年群体更为明显(见表 4)。此外, 在儿童群体误差最小的 11 000 步/天和在青少年群体误差最小的 10 000 步/天判别准确率分别为 88.5%和 87.5%(见表 5)。

表 4 儿童青少年满足不同步数阈值的比例

类别	%					
	儿童			青少年		
	全部	男	女	全部	男	女
满足 60min MVPA/天的比例 (标准)	22.7	33.9	11.9	23.5	29.4	17.0
	9 500 步/天			32.4	36.5	28.6
满足新步数阈值的比例	10 000 步/天	31.9	42.3	22.0	24.9	20.9
	10 500 步/天	26.5	36.2	17.3	21.4	17.7
	11 000 步/天	22.5	32.7	12.7		
满足以往步数阈值的比例	11 500 步/天	19.3	26.4	13.0	13.8	10.4
	12 000 步/天	16.4	22.7	10.3	11.0	8.8
满足新步数阈值和标准比例的差值	9 500 步/天			8.9	7.1	11.6
	10 000 步/天	9.2	8.4	10.1	1.4	0.3
	10 500 步/天	3.8	2.3	5.4	-2.1	-3.9
	11 000 步/天	-0.2	-1.2	0.8		
满足以往步数阈值和标准比例的差值	11 500 步/天	-3.4	-7.5	1.1	-9.7	-11.9
	12 000 步/天	-6.3	-11.2	-1.6	-12.5	-16.0

表 5 不同步数阈值判别儿童青少年 MVPA 达标情况的准确率<sup>1)</sup>

指标	%					
	儿童			青少年		
	全部	男	女	全部	男	女
9 500 步/天				84.5	81.9	87.0
10 000 步/天	84.5	81.9	87.0	87.4	84.5	90.3
10 500 步/天	87.4	84.5	90.3	88.5	84.7	92.2
11 000 步/天	88.5	84.7	92.2			
11 500 步/天	88.4	84.2	92.4	88.4	84.2	92.4
12 000 步/天	87.7	83.2	92.0	87.7	83.2	92.0

1)准确率=(真阳性数量+真阴性数量)/总体数量

### 3 讨论

本研究主要目的是制定中国儿童青少年与满足指南推荐每天至少 60 min MVPA 所相对应的每日推荐步数,通过对多中心大样本客观测量数据进行回归分析,得出 10 149~11 319 步/天、9 502~10 660 步/天分别为 6~11 岁儿童、12~18 岁青少年满足 MVPA 推荐量对应的步数区间。考虑到整数形式标准更易记忆和传播,分别选取 10 000、10 500、11 000 步作为儿童的推荐值,9 500、10 000、10 500 步作为青少年的步数推荐值与国外研究结果进行比较。ROC 曲线分析表明,相较于已有步数阈值(11 500 和 12 000 步/天),新步数阈值区分 MVPA 达标与否的能力更强。进一步在验证样本中对儿童青少年的新步数阈值比较分析,发现 11 000 和 10 000 步/天分别在儿童和青少年中判别误差最小且准确度较高,因此 11 000、10 000 步/天可以分别作为判断儿童、青少年是否满足 MVPA 推荐量的新方法。

#### 3.1 每日 MVPA 时长和步数的年龄和性别分布

儿童青少年身心健康有赖于高水平 MVPA。本研究纳入中国不同地区 3 个城市的 1 741 名儿童青少年中,共计 15.3%(266 人)满足指南推荐的平均每日至少 60 min MVPA 的标准,其中儿童和青少年分别有 16.3%(138 人)和 14.3%(128 人)满足该标准。虽然与前人客观测量所发现不足 10% 相比<sup>[31-34]</sup>有所提高,但 MVPA 不足仍是儿童青少年群体的普遍现象。

从年龄角度来看,除男生外青少年(12~18 岁)和儿童(6~11 岁)的平均 MVPA 时长没有显著差异,与前人研究结果相近<sup>[4, 35]</sup>。但总体、男生和女生青少年的每日平均步数均显著低于对应的儿童群体,这可能由于青少年进入发育期导致身高增加,从而相似的 MVPA 时长却有着显著的步数差异。从性别角度来看,不管是总体(25.0% VS 6.1%)、儿童(26.7% VS 6.2%)还是青少年(23.3% VS 6.0%),女生的 MVPA 推荐量满足率均显著低于男生( $P < 0.001$ ),7 天平均步数也显著低于男生( $P < 0.001$ ),表明各个年龄段的女生均较男生更不活跃,其他研究证据也发现这一现象<sup>[35-37]</sup>。一项全球范围的调查还发现,自 2001 年以来女生身体活动不足的发生率一直未得到改善<sup>[3]</sup>,这提示女孩身体活动情况及其影响因素需要得到更多关注,并制定针对性别差异的措施来促进其身体活动<sup>[38]</sup>。

#### 3.2 基于 MVPA 推荐量的每日推荐步数阈值相关研究

ActiGraph 可以同时提供原始加速度计数和步数值,因此是探讨二者之间关系的有效工具。加速度计测定的每日步数与每日 MVPA 时长之间具有较强的相关性( $r = 0.87$ ,  $P < 0.01$ ),表明使用每日步数反映每日 MVPA 时长的可行性。王小菁等<sup>[39]</sup>通过 ActiGraph 对低

和中等强度身体活动中的步数构建公式以评价个体身体活动水平。Vale Susana 等<sup>[21]</sup>利用 ActiGraph GT1M 这一特性,开发 3~6 岁学龄前儿童与满足每天至少 3 h 身体活动对应的步数目标。然而,目前缺少使用该设备进行的中国儿童青少年满足指南 MVPA 推荐量的每日推荐步数,故本研究填补该空缺。

本研究中,年龄和性别是每天步数与 MVPA 时长关系中具有统计学意义的混杂因素,因此后续分析针对 2 个年龄段并区分性别进行。在儿童和青少年群体中,女生的步数目标高于男生,青少年的步数目标低于儿童,这与国外相关研究不同<sup>[29-30]</sup>。经过多种分析比较和验证后,本研究提出儿童 11 000 步/天和青少年 10 000 步/天的步数阈值,该步数阈值与 Tudor-Locke 等<sup>[40]</sup>提出的不活跃成年人的每日推荐步数(10 000 步/天),以及 Cao 等<sup>[41]</sup>为日本成人制定的满足身体活动指南的步数阈值(10 000~11 000 步/天)相似,但低于国外学者提出的 11 500 和 12 000 步/天的推荐量,以及曾用于加拿大儿童青少年身体活动监测的 13 500 步/天<sup>[29-30]</sup>。上述差异或许是由于不同种族人群身高、体型、臂长、腿长等特征不同<sup>[42]</sup>,导致其步速、步幅存在差异。此外,不同文化和生活习惯下的儿童不同运动特征和偏好也可能会影响步数测量。同时,不同研究中 ActiGraph 的型号、佩戴位置和滤波方法也可能对步数测量造成影响<sup>[43]</sup>。例如 Adams 等<sup>[29]</sup>使用 2005—2006 NHANES 中版本较早的 ActiGraph 7164 单轴加速度计采集的数据且采样间隔为 1-minute,而 Colley<sup>[30]</sup>等则使用 Actical(Philips Respironics, Bend, OR)且采样间隔为 1-minute,与本研究所使用设备和数据处理方法存在差异。ROC 曲线分析表明,11 500 和 12 000 步/天的阈值分类能力低于新的阈值,且明显低估验证样本达到 MVPA 推荐量的天数比例,表明 11 500 和 12 000 步/天在中国儿童青少年 MVPA 达标情况的判别能力较弱。此外,10 000 步/天的阈值同时出现在儿童和青少年的阈值范围内,虽能较好识别青少年的 MVPA 情况,但在儿童群体表现不佳。综上所述,本研究提出 6~11 岁儿童和 12~18 岁青少年应分别达到至少 11 000 和 10 000 步/天,以满足指南提出的 MVPA 推荐量。

#### 3.3 优势与不足

本研究的优势之一是通过多中心大样本客观测量的数据,以及首次综合采用 2 种不同的统计学方法处理中国儿童青少年的数据,提供第一个基于中国本土证据的步数阈值,这将为更便捷地识别和干预 MVPA 不足的儿童青少年提供有力工具。同时,使用加速度计对于儿童青少年 MVPA 时长和步数进行的客观测量,相较于问卷调查所可能产生的回忆和报告偏倚具

有较高的准确度<sup>[44]</sup>。然而,当前研究也存在一定局限性。首先,指南身体活动建议是基于7天平均MVPA时长,而本研究结果则是基于单日数据完成,使用时应收集7天的数据从而增强其对指南的依从性的评估准确性。其次,本研究仅通过儿童青少年的每日步数和MVPA特征得到二者的数量关系,后续研究应尝试解决儿童青少年的步频与运动强度之间的关系。最后,儿童青少年的步数特征与其体质和健康之间是否存在关联且关联如何,今后需通过RCT研究和纵向观察进一步探讨。

### 参考文献:

- [1] CHEN P, WANG D, SHEN H, et al. Physical activity and health in Chinese children and adolescents: Expert consensus statement (2020)[J]. *British Journal of Sports Medicine*, 2020, 54(22): 1321-1331.
- [2] 陈泽恺,朱琳,李展权,等.中高强度身体活动量与肥胖儿童青少年心肺适能改善的剂量-效应关系研究[J]. *中国运动医学杂志*, 2022, 41(9): 687-693.
- [3] GUTHOLD R, STEVENS G A, RILEY L M, et al. Global trends in insufficient physical activity among adolescents: A pooled analysis of 298 population-based surveys with 1.6 million participants[J]. *The Lancet Child & Adolescent Health*, 2020, 4(1): 23-35.
- [4] ZHU Z, TANG Y, ZHUANG J, et al. Physical activity, screen viewing time, and overweight/obesity among Chinese children and adolescents: An update from the 2017 physical activity and fitness in China-the youth study[J]. *BMC Public Health*, 2019, 19(1): 197.
- [5] 郭海霞,饶思瑞.世界各国儿童青少年身体活动指南发展研究[J]. *中国体育科技*, 2021, 57(8): 61-71.
- [6] 李良,曹焜,钟建伟,等.《美国人身体活动指南第2版(2018)》解读及启示[J]. *体育学刊*, 2019, 26(5): 96-102.
- [7] 罗小兵,何梅,鲁长芬.中、美、英、加、澳儿童青少年身体活动指南比较[J]. *体育学刊*, 2020, 27(5): 117-123.
- [8] 张云婷,马生霞,陈畅,等.中国儿童青少年身体活动指南[J]. *中国循证儿科杂志*, 2017, 12(6): 401-409.
- [9] World Health Organization. WHO guidelines on physical activity and sedentary behaviour[M]. 2020.
- [10] TUDOR-LOCKE C, CRAIG C L, BEETS M W, et al. How many steps/day are enough? For children and adolescents[J]. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 2011, 8(1): 78.
- [11] CROSSLEY S G M, MCNARRY M A, ROSENBERG M, et al. Understanding youths' ability to interpret 3d-printed physical activity data and identify associated intensity levels: Mixed-methods study[J]. *Journal of Medical Internet Research*, 2019, 21(2): e11253.
- [12] LEE I M, SHIROMA E J, KAMADA M, et al. Association of step volume and intensity with all-cause mortality in older women[J]. *JAMA Internal Medicine*, 2019, 179(8): 1105-1112.
- [13] TORJENSEN I. Sixty seconds on exercise[J]. *BMJ*, 2018, 362: k3006.
- [14] ALTHOFF T, SOSIČ R, HICKS J L, et al. Large-scale physical activity data reveal worldwide activity inequality[J]. *Nature*, 2017, 547(7663): 336-339.
- [15] DEGROOTE L, BOURDEAUDHUIJ I D, VERLOIGNE M, et al. The accuracy of smart devices for measuring physical activity in daily life: Validation study[J]. *JMIR Mhealth and Uhealth*, 2018, 6(12): e10972.
- [16] MOOSES K, OJA M, REISBERG S, et al. Validating fitbit zip for monitoring physical activity of children in school: A cross-sectional study[J]. *BMC Public Health*, 2018, 18(1): 858.
- [17] NAKAGATA T, YAMADA Y, TANIGUCHI M, et al. Comparison of step-count outcomes across seven different activity trackers: A free-living experiment with young and older adults[J]. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation*, 2024, 16(1): 156.
- [18] CASADO-ROBLES C, MAYORGA-VEGA D, GUIJARRO-ROMERO S, et al. Validity of the Xiaomi Mi Band 2, 3, 4 and 5 wristbands for assessing physical activity in 12-to-18-year-old adolescents under unstructured free-living conditions: Fit-person study[J]. *Journal of Sports Science & Medicine*, 2023, 22(2): 196-211.
- [19] 陆大江. “有效步数”对2型糖尿病患者的疗效影响[J]. *体育与科学*, 2011, 32(2): 77-80.
- [20] GABEL L, PROUDFOOT N A, OBEID J, et al. Step count targets corresponding to new physical activity guidelines for the early years[J]. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 2013, 45(2): 314-318.
- [21] VALE S, TROST S G, DUNCAN M J, et al. Step based physical activity guidelines for preschool-aged children[J]. *Preventive Medicine*, 2015, 70: 78-82.
- [22] 张宪亮,李婷,杜黎涛,等.步行如何影响老年女性衰弱状态:步数还是步行强度?[J]. *上海体育大*

学学报, 2024, 48(5): 73-80.

[23] COHEN J. Statistical power analysis for the behavioral sciences[M]. 2nd ed. New York: Routledge, 2013.

[24] 彭凡, 张力为, 周财亮. 体育科学实验研究如何确定适宜的样本量[J]. 上海体育学院学报, 2022, 47(2): 26-36.

[25] TROST S G, MCIVER K L, PATE R R. Conducting accelerometer-based activity assessments in field-based research[J]. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 2005, 37(11): S531.

[26] STEENE-JOHANNESSEN J, HANSEN B H, DALENE K E, et al. Variations in accelerometry measured physical activity and sedentary time across Europe-harmonized analyses of 47,497 children and adolescents[J]. *The International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 2020, 17: 38.

[27] MIGUELES J H, CADENAS-SANCHEZ C, EKELUND U, et al. Accelerometer data collection and processing criteria to assess physical activity and other outcomes: A systematic review and practical considerations[J]. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 2017, 47(9): 1821-1845.

[28] EVENSON K R, CATELLIER D J, GILL K, et al. Calibration of two objective measures of physical activity for children[J]. *Journal of Sports Sciences*, 2008, 26(14): 1557-1565.

[29] ADAMS M A, JOHNSON W D, TUDOR-LOCKE C. Steps/day translation of the moderate-to-vigorous physical activity guideline for children and adolescents[J]. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 2013, 10(1): 49.

[30] COLLEY R C, JANSSEN I, TREMBLAY M S. Daily step target to measure adherence to physical activity guidelines in children[J]. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 2012, 44(5): 977-982.

[31] 高雅楠, 杨亚, 韩晓伟, 等. 儿童青少年身体活动和久坐少动行为与体质健康关系的研究[J]. 北京体育大学学报, 2024, 47(3): 22-39.

[32] 马晓凯, 朱政, 孙晨, 等. 儿童青少年中高强度身体活动时长特征及其与体质健康关系探究[J]. 体育科学, 2022, 42(4): 43-49+97.

[33] WANG C, CHEN P, ZHUANG J. A national survey of physical activity and sedentary behavior of Chinese city

children and youth using accelerometers[J]. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 2013, 84(sup2): S12-S28.

[34] NIE M jian, FAN C qun, SUN R zhe, et al. Accelerometer-measured physical activity in children and adolescents at altitudes over 3500 meters: A cross-sectional study in tibet[J]. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2019, 16(5): 686.

[35] FAN X, CAO Z B. Physical activity among Chinese school-aged children: National prevalence estimates from the 2016 physical activity and fitness in China-The youth study[J]. *Journal of Sport and Health Science*, 2017, 6(4): 388-394.

[36] HALLAL P C, ANDERSEN L B, BULL F C, et al. Global physical activity levels: Surveillance progress, pitfalls, and prospects[J]. *The Lancet*, 2012, 380(9838): 247-257.

[37] LU C, STOLK R P, SAUER P J J, et al. Factors of physical activity among Chinese children and adolescents: A systematic review[J]. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 2017, 14: 36.

[38] 熊欢. 我国女性运动健康促进策略与路径研究[J]. 体育学刊, 2021, 28(3): 55-62.

[39] 王小菁, 卓勤, 毛宏梅, 等. 基于步数的中国成人身体活动水平预测公式的建立和验证[J]. 卫生研究, 2023, 52(2): 213-218.

[40] TUDOR-LOCKE C, CRAIG C L, BROWN W J, et al. How many steps/day are enough for adults?[J]. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 2011, 8: 79.

[41] CAO Z B, OH T, MIYATAKE N, et al. Steps per day required for meeting physical activity guidelines in Japanese adults[J]. *Journal of Physical Activity and Health*, 2014, 11: 1367-1372.

[42] 尹彦, 杨洁, 马春生, 等. 东西方人体测量学尺寸差异分析[J]. 标准科学, 2015(7): 10-14.

[43] TOTH L, PALUCH A E, BASSETT D R, et al. Comparative analysis of actigraph step counting methods in adults: A systematic literature review and meta-analysis[J]. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 2024, 56(1): 53-62.

[44] DURANTE R, AINSWORTH B E. The recall of physical activity: Using a cognitive model of the question-answering process[J]. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 1996, 28(10): 1282.