



## 澳门6~18岁儿童青少年生长曲线及消瘦、超重和肥胖界值点的研制

### Studies on Growth Curves and Cut-offs Values for Wasting, Overweight and Obesity of Children and Adolescents Aged 6 to 18 in Macao

涂春景<sup>1</sup>, 江崇民<sup>2</sup>, 张彦峰<sup>2\*</sup>

TU Chunjing<sup>1</sup>, JIANG Chongmin<sup>2</sup>, ZHANG Yanfeng<sup>2\*</sup>

**摘要:**目的:建立澳门6~18岁儿童青少年本土化生长曲线和消瘦、超重和肥胖界值点。方法:以2015年和2020年澳门市民体质监测得到9 223名6~18岁儿童青少年为对象;采用位置、尺度和形状的广义加性模型(generalized additive model for location, scale and shape, GAMLSS)模型,分年龄、性别构建其身高、体重和BMI等指标的生长曲线,然后运用与中国成年人BMI界值点接轨的方法制定澳门儿童青少年的消瘦、超重和肥胖界值点。结果:1)研制得到澳门6~18岁儿童青少年身高、体重和BMI指标的系列生长曲线,以及BMI的消瘦、超重和肥胖界值点。2)澳门儿童青少年生长发育各指标随年龄增加而增长。其中男、女生身高快速增长期分别为6~13岁和6~11岁。男、女生体重快速增长期分别为6~12岁和6~11岁。男、女生BMI最快增速分别在8~9岁和10~11岁,增速高峰期男生比女生早2年。3)澳门儿童青少年超重、肥胖界值点高于内地界值点,尤其是8~13岁。运用本研究制定的界值点发现,澳门2015~2020年男、女生肥胖率分别增加了0.6个百分点和0.4个百分点。结论:本研究构建的生长曲线模型有效性良好,建议使用澳门本土化生长曲线和界值点对澳门儿童青少年生长发育水平进行评价与诊断。

**关键词:**澳门;儿童青少年;生长曲线;消瘦、超重和肥胖界值点

**Abstract:** Objective: To establish local growth curves and cut-offs values for wasting, overweight and obesity for children and adolescents in Macao. Methods: A total of 9 223 children and adolescents aged 6 to 18 were obtained from the 2015 and 2020 physical fitness surveillance in Macao as the subjects; the GAMLSS model was used to construct percentile growth curves for their height, weight and BMI by age and gender, and then cut-offs values of wasting, overweight and obesity for BMI were developed using the method of integrating with the BMI cut-offs points of Chinese adults. Results: 1) A series of percentile growth curves for height, weight and BMI of children and adolescents aged 6 to 18 in Macao were developed, as well as reference cut-offs values for wasting, overweight and obesity for BMI. 2) The growth and development indicators of children and adolescents in Macao increased with age. The rapid growth periods in height for boys and girls were 6 to 13 and 6 to 11 years old, the rapid growth periods in weight for boys and girls were 6 to 12 and 6 to 11 years old, and the rapid growth periods in BMI for boys and girls were 8 to 9 and 10 to 11 years old, respectively, with the peak growth period for boys 2 years earlier than that of girls. 3) The overweight and obesity cut-offs in Macao were greater than those in the Chinese mainland, especially for those aged 8 to 13. Using the cut-off points established in this study, the obesity rate in Macao increased by 0.6 percentage points for boys and 0.4 percentage points for girls from 2015 to 2020, respectively. Conclusions: The growth curve model constructed in this research was effective and it is suggested to use the localized growth curves and cut-offs of Macao to evaluate and diagnose the growth and development of children and adolescents.

**Keywords:** Macao; children and adolescents; growth curves; cut-offs values for wasting, overweight and obesity

**中图分类号:**G804.49 **文献标识码:**A

#### 基金项目:

澳门特别行政区政府体育局与国家体育总局体育科学研究所联合项目(b2117)

#### 第一作者简介:

涂春景(1971-),男,教授,博士,主要研究方向为体质与健康,E-mail: hztuchunjing@126.com。

#### \*通信作者简介:

张彦峰(1975-),男,研究员,博士,主要研究方向为体质与健康,E-mail: zhangyanfeng0310@126.com。

#### 作者单位:

1.台州学院,浙江台州318000;  
2.国家体育总局体育科学研究所,北京100061  
1. Taizhou University, Taizhou 318000, China;  
2. China Institute of Sport Science, Beijing 100061, China.

儿童青少年生长发育水平反映了个体或群体的营养和健康状况,生长发育是体质健康的重要组成部分。长期以来,国家高度重视儿童青少年的体质健康与测评。2020年8月,国家体育总局和教育部联合印发的《关于深化体教融合 促进青少年健康发展的意见》指出,教育部门要会同体育、卫生健康部门加强对学校体育教学、课余训练、竞赛、学生体质健康监测的评估、指导和监督。2021年8月,教育部等五部门发布的《关于全面加强和改进新时代学校卫生与健康教育工作的意见》提出坚持健康第一、坚持预防为主等基本原则。澳门特别行政区发布的《本地学制正规教育课程框架》及修订版提出了提升学生身心素质的要求,并明确规定了各年级体育与健康课程的最低学时数。在新时代“个性化精准评估”“健康关口前移”等新健康理念下,如何科学、有效地开展儿童青少年体质健康的监控与评价成为迫切需要解决的问题。因此,基于新的科学技术研制可个性化精准评估和健康预警的生长发育评价标准具有重要的理论与现实意义。

澳门是中国的特别行政区之一,澳门族群丰富多样,主要包括土生葡人、广东族群、福建族群和东南亚等多种族群(张丽,2015)。已有研究表明,澳门与内地儿童青少年身高、体重、超重检出率和肥胖检出率等存在显著性差异(刘姝等,2019;王云涛等,2019;张彦峰等,2015)。运用内地标准对澳门儿童青少年体质健康进行评价具有一定局限性,由此张彦峰等(2019)建立了澳门市民体质健康的等级评分标准,但迄今为止,未见澳门儿童青少年生长曲线的相关研究。生长曲线图表是评价儿童青少年体质健康状况的重要工具,也是政府和有关组织制定保健、健康干预和慢性病预防等政策的参考依据。21世纪以来,一些重要的国际组织、国家和城市纷纷制定了各自的儿童青少年生长曲线。国际组织方面,世界卫生组织(World Health Organization, WHO)(2007)运用位置、尺度和形状的广义加性模型(generalized additive model for location, scale and shape, GAMLSS)研制了5~19岁儿童青少年生长曲线,并在此基础上制定了各年龄的超重、肥胖界值点。国家方面,美国(Kuczmarski et al., 2002)、日本(Itabashi et al., 2014)、巴基斯坦(Asif et al., 2020)和印度(Goyal et al., 2019)等国家分别制定了本国的儿童生长发育生长曲线。城市方面,李辉等(2009a, 2009b)研制了北京、哈尔滨、西安、上海、南京、武汉、广州、福州和昆明9个城市0~18岁儿童青少年生长曲线及其参考值(后文简称“内地九城市”),此外,香港(Sung et al., 2008)、上海(蒋一方等,2007)和长沙(韩雨辰,2016)等城市分别制定了本土化生长曲线。

基于此,本研究根据澳门特别行政区政府体育局和国家国民体质监测研究中心协同监测所得数据,运用

GAMLSS模型研制澳门6~18岁儿童青少年身高、体重和BMI指标的生长曲线及其参考值,并以此划分BMI的消瘦、超重和肥胖的界值点。

## 1 研究对象与方法

### 1.1 研究对象

根据《澳门特别行政区市民体质监测工作方案》(澳门特别行政区政府体育局,2022)的要求,采用分层随机整群的原则抽取样本,抽样方法如下:首先,以澳门各学校为基层,根据学校的校本部所在堂区分为3个片区,即花地玛堂片(北片)、花王堂及望德堂片(中片)和风顺堂、大堂、圣嘉模堂及圣方济各堂片(南片及离岛片)。其次,从每个片区随机抽取2~3所学校,并从选定的学校随机抽取若干班级,按性别分男生、女生2类样本,6~18岁每1岁为一个年龄组,共计26个组,每次每片每类每个年龄组抽取55人。上述所有测试对象均满足在澳门居住5年以上,身体健康,发育健全,无先天、遗传性疾病,以及急、慢性疾病,且能完成简单身体活动的儿童青少年。

### 1.2 研究方法

#### 1.2.1 数据采集

运用与国家国民体质测试相同规格的身高计和体重计,按照《澳门市民体质测定标准手册》的要求进行测试,身高精确到0.1 cm,体重精确到0.1 kg, BMI=体重(kg)/身高<sup>2</sup>(m<sup>2</sup>)。所有调查人员和研究人员均接受数据采集的质量控制统一培训,各抽样点统一使用国家国民体质测试同类型器材,由监督员进行质量控制,抽取5%的人数进行复测。数据均采用双录入方式,并进行比较核对和纠错。

#### 1.2.2 数学建模

1)运用GAMLSS模型构建生长发育的百分位生长曲线。GAMLSS模型以D(中位数 $\mu$ 、标准差 $\sigma$ 、偏度 $v$ 、峰度 $\tau$ )的特定分布形式呈现,所有百分位数曲线均由 $\mu$ 、 $\sigma$ 、 $v$ 、 $\tau$  4个参数曲线来表达。GAMLSS模型最优百分位数曲线构建步骤参考Stasinopoulos等(2018)的研究。

2)运用百分位数曲线延伸接轨成年人法定消瘦、超重和肥胖界值点。即延伸儿童青少年BMI百分位数曲线与成年人BMI分类界值点接轨,划分6~18岁儿童青少年消瘦、超重和肥胖界值点。

## 2 研究结果

### 2.1 身高、体重和BMI的特征值

2015年、2020年测试分别获得澳门6~18岁儿童青少年有效样本量为4 509人(男生2 537人、女生1 972人)和4 714人(男生2 597人、女生2 117人),合计9 223人(男生5 134人、女生4 089人),各年龄组身高、体重和BMI的平均值都随年龄增加而增大(表1)。

表 1 澳门 6~18 岁儿童青少年身高、体重和 BMI 的特征值

Table 1 Characteristic Values of Height, Weight and BMI of Children and Adolescents Aged 6 to 18 in Macao

年龄/岁	男生 (M±SD)				女生 (M±SD)			
	n	身高/cm	体重/kg	BMI/(kg/m <sup>2</sup> )	n	身高/cm	体重/kg	BMI/(kg/m <sup>2</sup> )
6	472	119.5±5.7	22.8±4.9	15.8±2.4	341	118.1±5.4	21.4±3.9	15.2±1.9
7	476	125.4±6.0	25.7±5.7	16.2±2.6	357	124.3±5.4	24.7±5.2	15.8±2.4
8	445	130.9±6.2	29.2±7.1	16.9±3.0	289	130.2±6.8	28.3±6.4	16.6±2.7
9	406	136.5±6.3	33.8±8.2	18.0±3.4	302	136.1±6.8	31.5±7.2	16.8±2.8
10	369	142.0±6.8	38.3±9.9	18.8±3.7	290	143.5±7.3	36.8±9.6	17.7±3.4
11	351	148.3±8.0	43.5±12.8	19.5±4.3	300	150.9±6.6	43.0±9.7	18.7±3.4
12	398	156.5±8.3	49.0±12.8	19.8±4.1	326	154.7±6.3	46.3±9.4	19.2±3.3
13	381	163.5±7.8	54.8±13.5	20.4±4.2	279	157.5±5.5	49.9±9.9	20.0±3.4
14	385	167.7±6.7	58.1±13.4	20.5±4.1	295	159.2±5.5	51.9±9.6	20.5±3.5
15	353	170.3±6.0	61.1±13.0	21.1±4.0	310	160.0±5.3	53.0±9.1	20.7±3.3
16	374	172.0±5.9	64.1±14.0	21.6±4.4	308	160.3±5.6	53.7±9.4	20.9±3.4
17	398	172.4±6.0	64.3±13.3	21.6±4.1	362	160.2±5.5	53.2±9.7	20.6±3.4
18	326	172.0±6.1	63.5±11.5	21.4±3.6	330	160.1±5.1	53.5±8.5	20.9±3.1

2.2 GAMLSS 的生长曲线构建

建模主要步骤: 首先选择能反映原始数据本真的最优子模型, 然后调节优化各参数曲线, 最后计算百分位曲线及其参考值。以男生身高为例说明构建过程。

2.2.1 优选子模型

使用 GAMLSS 的“科尔-格林”分布子模型 BCCGo ( $\mu, \sigma, \nu, \tau$ )、t 分布子模型 BCTo ( $\mu, \sigma, \nu, \tau$ ) 和幂指数分布子模型 BCPEo ( $\mu, \sigma, \nu, \tau$ ) 等分别进行迭代运算, 最终得到男生身高指标最优子模型为 BCCGo, 其全局拟合偏差 GD=45 380.1、赤信息准则 AIC=45 436.5、贝叶斯准则 SBC=45 630.0, 选择最优子模型时同步导出年龄的幂转换系数 ( $\zeta$ ) 和初始自由度 ( $df$ )。

2.2.2 拟合曲线调优

参数自由度大小是影响曲线光滑度和拟合度的核心因素。运用虫形图 (worm plot) 和实测值落入理论百分位数曲线下的比例法两种方法进行诊断, 逐步调整各参数的  $df$ , 选择兼顾曲线光滑度和拟合度最优的参数。

1) 虫形图诊断调优。模型软件系统根据数据特征按照年龄自动分成 9 个虫形图 (图 1), 图中椭圆表示 95% 置信区间带。经过比较选择得到 BCCGo ( $\zeta=1.09, \mu, df=11.47, \sigma, df=8.69, \nu, df=8.03, \tau, df=2.00$ ), 其残差在 9 个年龄区间看起来很好 (因为绝大多数点位于 95% 的置信带之间), 表明模型优良。上述  $\mu, df, \sigma, df, \nu, df$  和  $\tau, df$  分别是参数  $\mu, \sigma, \nu$  和  $\tau$  的自由度, 用于调整各参数曲线的拟合度与光滑度。

2) 实测值落入理论百分位数曲线下的比例法诊断。比较 P0.4、P2……P98 和 P99.6 等百分位曲线下的样例个数占总体的百分比可知, 上述自由度建立的百分位数曲线样例百分位与理论值相差 -0.4%~0.2%, 远低于 5% 的要求, 表明模型优良。

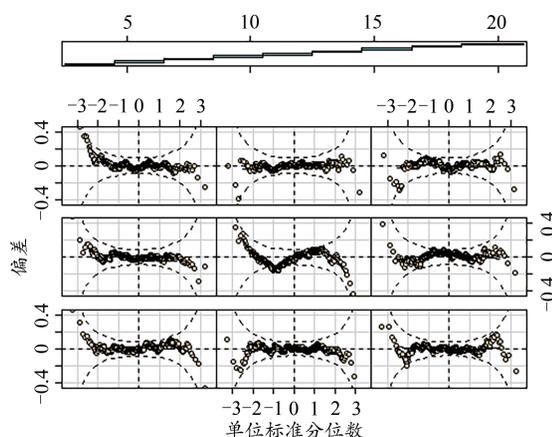


图 1 男儿童青少年身高拟合百分位曲线的残差虫形图

Figure 1. Residual Worm Plots of Fitted Percentile Curves for Hight in Male Children and Adolescents

2.3 其余指标检验结果

模型的拟合优度检验虫形图显示, 各指标绝大多数点位于 95% 点椭圆置信带之间。理论百分位数曲线下的样例百分位与理论值差值区间: 身高差异率男生 (-0.4%~0.2%)、女生 (-0.1%~1.1%), 体重差异率男生 (-1.1%~0.6%)、女生 (-0.3%~0.3%), BMI 差异率男生 (-2.3%~0.8%)、女生 (-1.2%~0.8%)。由此可知, 各年龄组差错率都在 5% 以下, 进一步统计所有差异率, 发现在 1% 以内的达到了 90%。因此, 模型的拟合优度良好 (表 2)。

2.4 身高、体重和 BMI 的生长曲线及参考值

基于上述建模方法, 分别得出身高、体重和 BMI 指标的百分位和标准差单位 (Z 分值) 数值并绘制相应的曲线图, 各指标生长曲线特征分析如下。

2.4.1 身高生长曲线特征

从年龄角度看, 澳门 6~18 岁儿童青少年身高随年龄

增长明显增长,但各年龄增长速度存在较大差异。男生在6~13岁身高快速增加,特别是6~7岁(P50年均增幅5.2%)和10~13岁(P50年均增幅5.1%),13岁之后增速逐年降低,17岁后进入相对稳定期。女生在6~11岁(P50年

均增幅5.0%)身高快速增加,11~15岁后增速逐年降低,16岁后进入相对稳定期。从性别角度看,男女生身高P50增速在10~11岁期间存在交叉,女生身高增长高峰期比男生大约提前2年(图2、表3)。

表2 GAMLSS模型理论百分位数曲线下样本例数的百分数

理论百分位曲线		P0.4	P2	P10	P25	P50	P75	P90	P98	P99.6	%
理论百分位曲线下	身高 男生	0.4	2.2	10.0	24.8	50.4	75.2	90.0	97.9	99.6	
	女生	0.3	2.1	10.1	24.8	50.1	74.7	88.9	98.0	99.5	
样例百分位数	体重 男生	0.5	2.1	9.6	24.8	51.1	75.4	89.4	97.7	99.7	
		女生	0.4	1.8	10.0	25.1	49.8	74.8	90.2	98.3	99.3
	BMI 男生	0.5	1.9	9.6	24.8	52.3	75.3	89.2	97.2	99.3	
		女生	0.5	2.1	9.4	24.9	51.2	75.2	89.2	97.7	100.0

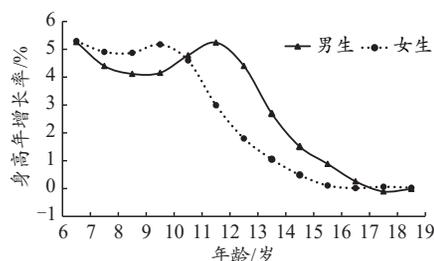


图2 澳门儿童青少年身高的P50年增长速率

Figure 2. Annual Growth Rate of Height P50 for Children and Adolescents in Macao

## 2.4.2 体重生长曲线特征

从年龄角度看,澳门6~18岁儿童青少年体重随年龄增长明显增长,但各年龄增长速度先快后慢。男生体重在6~12岁快速增加(P50年均增幅13.6%),12岁后体重年增幅快速减少,16岁后转入低速增长。女生体重在6~11岁快速增加(P50年均增幅14.3%),9~11岁为增长高峰期,11~15岁年增幅快速减少,16~18岁体重保持稳定。从性别角度看,11岁时男女生体重P50存在交叉,18岁后男生低速增长而女生基本不再增长(图3、表4)。

表3 澳门6~18岁儿童青少年身高百分位数和Z分值参考标准

年龄/岁	男生										女生								cm
	百分位参考标准					Z分参考标准					百分位参考标准				Z分参考标准				
	P3	P15	P50	P85	P97	-2S	-1S	+1S	+2S	P3	P15	P50	P85	P97	-2S	-1S	+1S	+2S	
6	108.7	113.5	119.1	124.4	128.6	108.0	113.7	124.2	129.1	108.6	112.7	117.9	123.4	128.1	108.0	112.8	123.2	128.7	
7	114.4	119.4	125.3	131.1	135.6	113.7	119.6	130.9	136.2	114.0	118.5	124.1	130.1	135.0	113.4	118.7	129.8	135.8	
8	119.8	124.8	130.9	137.0	142.0	119.1	125.0	136.8	142.7	119.2	124.1	130.2	136.6	142.0	118.5	124.3	136.4	142.8	
9	125.0	129.9	136.3	142.9	148.5	124.3	130.1	142.6	149.3	124.7	130.0	136.6	143.4	149.1	124.0	130.2	143.2	150.0	
10	130.0	135.1	141.9	149.2	155.5	129.3	135.4	148.9	156.4	131.2	136.7	143.7	150.7	156.6	130.5	137.0	150.5	157.5	
11	135.3	141.2	148.7	156.6	163.4	134.5	141.4	156.3	164.4	138.0	143.5	150.3	157.2	162.9	137.2	143.7	156.9	163.7	
12	141.6	148.3	156.5	164.6	171.2	140.6	148.6	164.3	172.1	143.2	148.4	154.8	161.2	166.5	142.5	148.6	161.0	167.3	
13	148.6	155.4	163.4	171.1	177.1	147.6	155.7	170.8	177.9	146.9	151.6	157.5	163.5	168.4	146.2	151.8	163.3	169.1	
14	154.8	160.7	167.8	174.7	180.3	153.9	160.9	174.5	181.1	149.0	153.6	159.2	164.9	169.5	148.4	153.8	164.7	170.2	
15	158.9	164.0	170.3	176.7	181.9	158.2	164.2	176.5	182.7	150.0	154.5	160.0	165.6	170.1	149.4	154.7	165.4	170.8	
16	161.0	165.8	171.8	178.0	183.2	160.3	166.0	177.8	184.0	150.2	154.6	160.1	165.7	170.4	149.6	154.8	165.5	171.0	
17	161.5	166.2	172.3	178.6	183.9	160.8	166.4	178.3	184.7	150.2	154.7	160.2	165.8	170.4	149.6	154.9	165.6	171.1	
18	161.2	166.0	172.1	178.5	184.1	160.6	166.2	178.3	184.9	150.5	154.8	160.3	165.8	170.4	149.9	155.0	165.6	171.1	

## 2.4.3 BMI生长曲线特征

从年龄角度看,澳门6~18岁儿童青少年随年龄增长BMI增长先快后慢。男生6~9岁BMI增幅逐年递增,9岁后增幅逐年降低,P50增幅由8~9岁的5.4%下降到17~18岁的1.3%。女生6~11岁BMI增幅逐年递增,P50增幅由6~

7岁的2.3%增长到10~11岁的4.7%,11岁后增幅逐年减少,P50增幅由10~11岁的4.7%下降到16~17岁的0.5%。从性别角度看,BMI的P50年增速男女生存在二次交叉,6~9岁时BMI年增幅男生大于女生,9~14岁时BMI年增幅男生小于女生,14岁后男生增幅再次大于女生(图4、表5)。

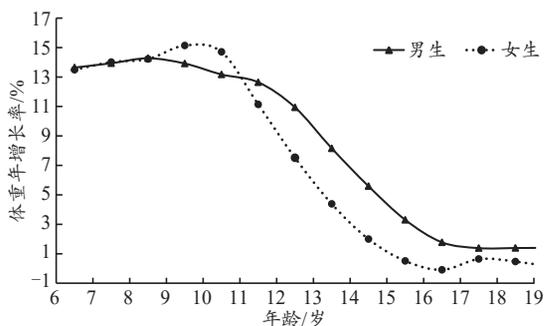


图3 澳门儿童青少年体重的P50年增长速率

Figure 3. Annual Growth Rate of Weight P50 for Children and Adolescents in Macao

表4 澳门6~18岁儿童青少年体重百分位数和Z分值参考标准

年龄/岁	男生									女生								
	百分位数参考标准					Z分参考标准				百分位数参考标准					Z分参考标准			
	P3	P15	P50	P85	P97	-2S	-1S	+1S	+2S	P3	P15	P50	P85	P97	-2S	-1S	+1S	+2S
6	16.7	18.5	21.6	26.3	32.0	16.5	18.6	26.1	33.0	16.1	18.0	20.9	24.8	29.6	15.8	18.1	24.6	30.5
7	18.5	20.6	24.6	30.7	38.2	18.2	20.7	30.5	39.6	17.7	20.0	23.7	28.8	35.2	17.4	20.1	28.6	36.3
8	20.5	23.0	28.0	35.9	45.1	20.2	23.2	35.5	46.7	19.4	22.3	27.0	33.7	41.7	19.1	22.5	33.4	43.2
9	22.7	25.8	32.0	41.7	52.3	22.3	26.0	41.3	54.1	21.5	25.0	30.8	39.1	48.7	21.0	25.2	38.8	50.3
10	25.0	28.8	36.5	48.1	59.9	24.6	29.0	47.6	61.7	24.2	28.4	35.5	45.3	55.9	23.6	28.6	44.9	57.6
11	27.6	32.1	41.3	54.5	66.9	27.1	32.4	54.0	68.8	27.7	32.6	40.7	51.4	62.4	27.1	32.9	51.0	64.1
12	31.0	36.2	46.5	60.6	73.2	30.4	36.5	60.1	75.0	31.5	36.8	45.3	56.1	66.9	30.8	37.1	55.7	68.5
13	35.1	40.8	51.6	66.0	78.6	34.4	41.1	65.5	80.5	35.0	40.3	48.7	59.3	69.7	34.4	40.6	58.8	71.3
14	39.2	45.0	55.8	70.1	82.9	38.5	45.3	69.6	84.8	37.6	42.8	50.8	61.0	71.3	36.9	43.0	60.6	72.9
15	42.7	48.5	58.9	72.9	85.8	42.1	48.8	72.4	87.7	39.1	44.1	51.8	61.6	72.0	38.4	44.4	61.2	73.7
16	44.9	50.6	60.8	74.7	87.9	44.2	50.9	74.2	89.9	39.6	44.6	52.1	61.8	72.5	39.0	44.9	61.4	74.3
17	46.0	51.8	61.9	75.8	89.4	45.3	52.1	75.2	91.5	40.0	44.8	52.0	61.6	72.6	39.4	45.1	61.2	74.5
18	46.7	52.6	62.8	76.5	90.3	46.0	52.9	76.0	92.5	40.7	45.3	52.4	61.8	72.8	40.1	45.6	61.4	74.7

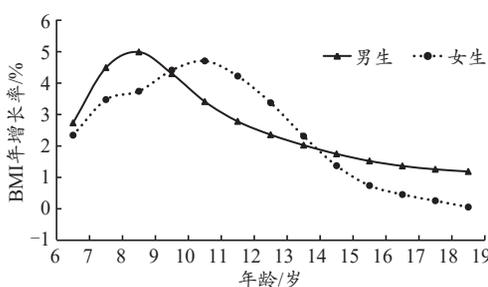


图4 澳门儿童青少年BMI的P50年增长速率

Figure 4. Annual Growth Rate of BMI P50 for Children and Adolescents in Macao

本研究统计结果显示,澳门6~18岁儿童青少年男生中重度消瘦、轻度消瘦、超重和肥胖界值点对应生长曲线分别为P5.7、P14.5、P75.2和P93.1,女生中重度消瘦、轻度消瘦、超重和肥胖界值点对应生长曲线分别为P5.1、P8.9、P85.7和P96.6(图5)。为了使用简便,取中重度消瘦、轻度消瘦、超重和肥胖生长曲线的各年龄对应界值点,以表格形式呈现于表6。

2.5 制定澳门儿童青少年消瘦、超重和肥胖界值点

BMI是判断肥胖的重要指标,国际肥胖工作组(International Obesity Task Force, IOTF)运用与成人BMI界值点接轨方法制定了儿童青少年消瘦(Cole et al., 2007)、超重和肥胖(Cole et al., 2000)的界值点,并建议不同人群可使用该方法制定相应界值点(Bellizzi et al., 1999)。参照该方法,中国成年人18岁时超重、肥胖界值点分别为24.0 kg/m<sup>2</sup>和28.0 kg/m<sup>2</sup>(中国肥胖问题工作组数据汇总分析协作组, 2002),中重度消瘦和轻度消瘦界值点男性分别为16.9 kg/m<sup>2</sup>和18.0 kg/m<sup>2</sup>、女性分别为16.9 kg/m<sup>2</sup>和17.4 kg/m<sup>2</sup>(中华人民共和国卫生和计划生育委员会, 2014)。

2.6 澳门儿童青少年消瘦、超重和肥胖检出率

运用本研究制定的澳门儿童青少年消瘦、超重和肥胖界值点,检测发现,2015年,澳门男生消瘦、超重和肥胖率分别为13.6%、14.0%和8.5%,女生消瘦、超重和肥胖率分别为6.9%、11.7%和4.2%。2020年,澳门男生消瘦、超重和肥胖率分别为14.9%、17.1%和9.1%,女生消瘦、超重和肥胖率分别为9.9%、8.6%和4.6%。从2015年到2020年,澳门男生、女生肥胖率分别增加了0.6个百分点和0.4个百分点。这与王云涛等(2019)研究发现澳门儿童青少年肥胖检出率呈明显年代增长趋势结论相似,超重和肥胖已经成为危害澳门儿童青少年身体健康的严重公共卫生问题,应引起澳门体育和教育等部门的重视。

2.7 澳门与内地、WHO结果比较

2.7.1 澳门儿童青少年生长曲线与内地九城市、WHO的比较

为了探究澳门儿童青少年生长发育的区域性特征,对本研究制定的澳门6~18岁儿童青少年生长曲线与内地九城市(李辉等, 2009a; 2009b)和WHO的进行了分析对比。

表5 澳门6~18岁儿童青少年BMI百分位数和Z分值参考标准

年龄/岁	男生									女生								
	百分位数参考标准					Z分参考标准				百分位数参考标准					Z分参考标准			
	P3	P15	P50	P85	P97	-2S	-1S	+1S	+2S	P3	P15	P50	P85	P97	-2S	-1S	+1S	+2S
6	12.9	13.8	15.3	17.6	20.5	12.8	13.9	17.5	21.0	12.7	13.6	15.0	17.0	19.5	12.6	13.7	16.9	20.0
7	13.0	13.9	15.7	18.6	21.9	12.9	14.0	18.5	22.5	12.8	13.7	15.4	17.8	21.0	12.6	13.8	17.7	21.6
8	13.2	14.2	16.4	20.0	23.5	13.1	14.3	19.8	24.0	12.9	13.9	15.9	18.9	22.5	12.7	14.0	18.7	23.1
9	13.5	14.6	17.3	21.4	25.0	13.4	14.7	21.2	25.5	13.0	14.3	16.5	19.9	23.7	12.9	14.3	19.7	24.4
10	13.7	15.0	18.0	22.5	26.3	13.6	15.1	22.4	26.8	13.4	14.7	17.2	20.9	25.0	13.2	14.8	20.8	25.7
11	14.0	15.4	18.6	23.5	27.3	13.8	15.5	23.3	27.9	13.9	15.4	18.0	21.9	26.1	13.7	15.4	21.7	26.8
12	14.3	15.8	19.1	24.1	28.2	14.2	15.9	23.9	28.8	14.4	16.1	18.8	22.7	26.9	14.3	16.1	22.5	27.6
13	14.7	16.3	19.6	24.6	28.9	14.6	16.3	24.4	29.5	15.0	16.7	19.4	23.2	27.5	14.8	16.8	23.1	28.2
14	15.2	16.7	20.0	24.9	29.4	15.0	16.8	24.7	30.1	15.5	17.2	19.9	23.6	27.9	15.3	17.3	23.4	28.7
15	15.5	17.1	20.3	25.2	29.8	15.4	17.2	25.0	30.5	15.8	17.5	20.1	23.8	28.1	15.6	17.6	23.6	28.9
16	15.9	17.5	20.7	25.4	30.1	15.7	17.6	25.2	30.9	16.1	17.7	20.3	23.8	28.3	15.8	17.8	23.7	29.1
17	16.1	17.8	20.9	25.5	30.3	15.9	17.9	25.3	31.1	16.3	17.9	20.4	23.9	28.4	16.1	18.0	23.7	29.2
18	16.4	18.1	21.2	25.7	30.4	16.2	18.2	25.5	31.2	16.4	18.0	20.4	23.9	28.4	16.2	18.1	23.7	29.3

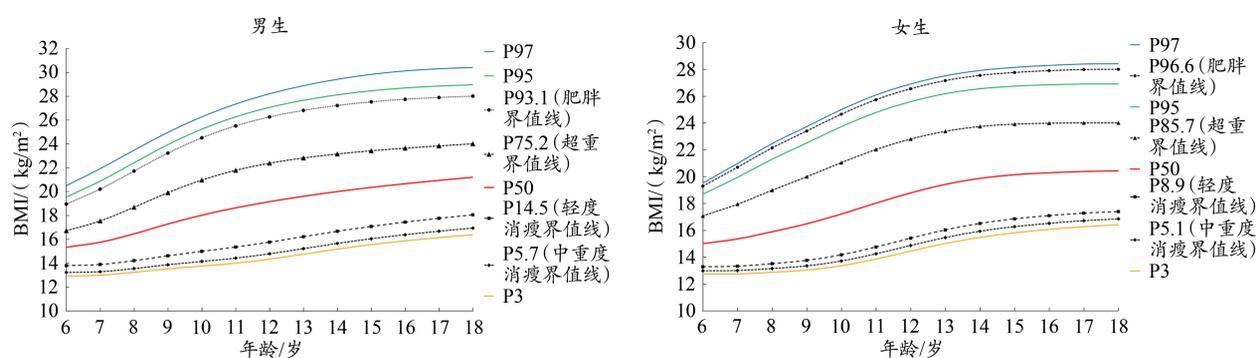


图5 澳门6~18岁儿童青少年BMI生长曲线和中重度消瘦、轻度消瘦、超重和肥胖界值点

Figure 5. BMI Growth Curve and Boundary Points of Moderate and Severe Wasting, Mild Wasting, Overweight and Obesity of Children and Adolescents Aged 6 to 18 in Macao

表6 澳门6~18岁儿童青少年的BMI中重度消瘦、轻度消瘦、超重和肥胖界值点

年龄/岁	男生				女生			
	中重度消瘦	轻度消瘦	超重	肥胖	中重度消瘦	轻度消瘦	超重	肥胖
6	13.2	13.8	16.7	18.9	13.0	13.3	17.1	19.3
7	13.3	13.9	17.5	20.2	13.0	13.3	17.9	20.7
8	13.5	14.2	18.7	21.7	13.2	13.5	19.0	22.1
9	13.9	14.6	19.9	23.2	13.4	13.8	20.0	23.4
10	14.1	15.0	21.0	24.5	13.7	14.2	21.0	24.7
11	14.4	15.3	21.8	25.5	14.3	14.8	22.0	25.7
12	14.8	15.8	22.4	26.3	14.9	15.4	22.8	26.6
13	15.2	16.2	22.8	26.8	15.5	16.0	23.4	27.2
14	15.6	16.7	23.2	27.2	15.9	16.5	23.7	27.5
15	16.0	17.1	23.4	27.5	16.3	16.9	23.9	27.8
16	16.4	17.4	23.6	27.7	16.5	17.1	24.0	27.9
17	16.7	17.8	23.8	27.9	16.7	17.3	24.0	28.0
18	16.9	18.0	24.0	28.0	16.9	17.4	24.0	28.0

身高方面,1)与内地九城市儿童青少年身高相比,从 P50 曲线来看,澳门男生 10 岁、女生 9 岁之前身高略低于内地,之后澳门儿童青少年与内地九城市儿童青少年

高较为接近。2)与 WHO 相比,从 P50 来看,澳门男生 6~14 岁身高高于 WHO,而 15~18 岁低于 WHO。澳门女生 7~12 岁身高高于 WHO,13~18 岁低于 WHO(图 6)。

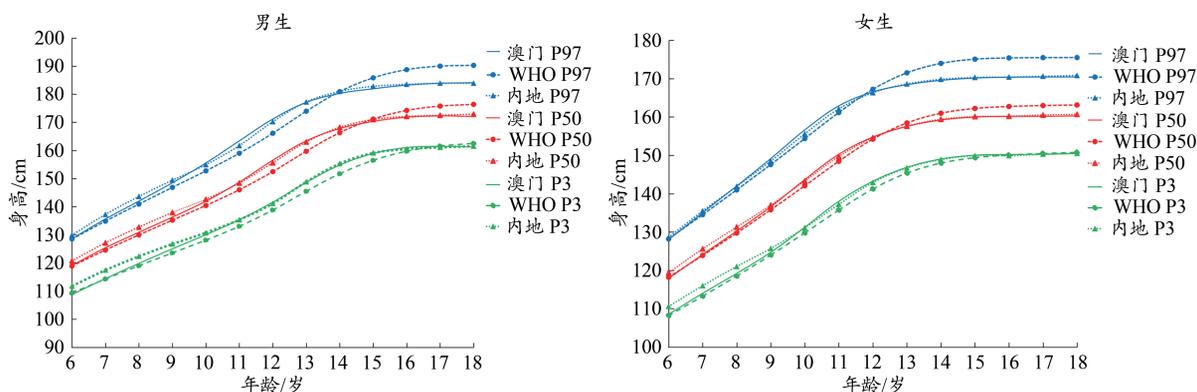


图 6 澳门儿童青少年身高生长曲线与内地、WHO 比较

Figure 6. Comparison of Height Growth Curves of Macau Children and Adolescents with the Chinese Mainland and WHO

体重方面,1)与内地九城市儿童青少年相比,P50 曲线显示,澳门男生各年龄段体重与内地九城市都较为接近,澳门女生在 9~18 岁体重高于内地九城市。值得注意的是,P90 曲线显示,无论男生女生所有年龄段澳门儿童

青少年的体重均显著高于内地九城市,说明澳门儿童青少年超重肥胖者比例更大。2)与 WHO 比较,从 P50 曲线看,澳门男生在 7~9 岁体重高于 WHO,澳门女生 8~10 岁体重高于 WHO(图 7)。

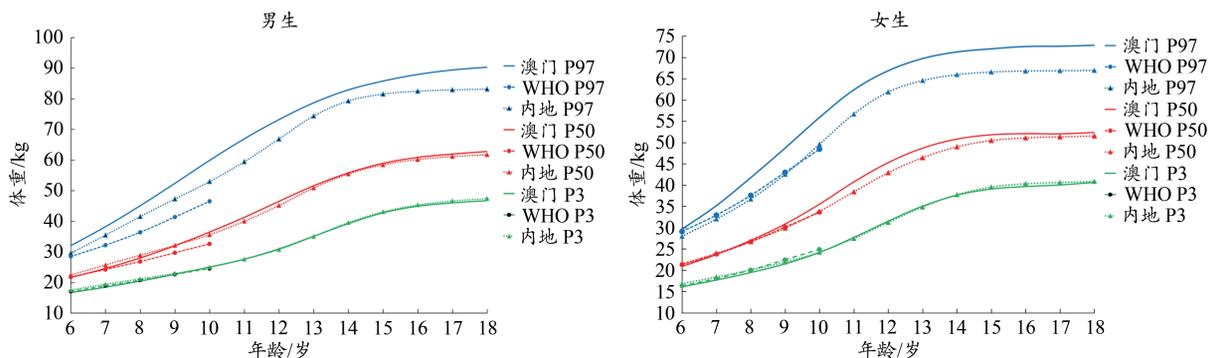


图 7 澳门儿童青少年体重生长曲线与内地、WHO 比较

Figure 7. Comparison of Weight Growth Curves of Macau Children and Adolescents with the Chinese Mainland and WHO

BMI 方面,1)与内地九城市相比,从 P50 曲线来看,澳门男生 8~18 岁、澳门女生 7~17 岁 BMI 高于内地九城市。从 P90 曲线来看,澳门男生各年龄段 BMI 均远高于内地九城市,澳门女生 7~15 岁 BMI 高于内地九城市,16~18 岁则低于内地。BMI 是判断超重肥胖的重要指标,由此可知,澳门男、女生超重、肥胖检出率高于内地,尤其是青春前期随年龄增长超重、肥胖者快速增加。2)与 WHO 相比,从 P50 曲线来看,澳门男生 8~14 岁 BMI 高于 WHO,16~18 岁低于 WHO。澳门女生 8~13 岁 BMI 高于 WHO,14~18 岁 BMI 低于 WHO。表明,澳门学生在小学阶段身体充实度增速快于 WHO,初高中阶段增速慢于 WHO。从 P90 曲线来看,澳门男生各年龄段 BMI 均远高于 WHO,澳门女生 15 岁之前 BMI 高于 WHO,而 16 岁后

低于 WHO(图 8)。

### 2.7.2 澳门儿童青少年消瘦、超重和肥胖界值点与内地比较

对本研究制定的澳门儿童青少年消瘦、超重和肥胖界值点与内地界值点(中华人民共和国卫生和计划生育委员会,2014,2018)进行对比,结果显示,1)消瘦界值点,除男生 6~8 岁、女生 7~9 岁的中重度消瘦 BMI 界值点澳门略低于内地外,其余各年龄中重度消瘦和轻度消瘦界值点澳门均高于内地。其中男、女生中重度消瘦 BMI 界值点差值分别为 -0.2~0.3 kg/m<sup>2</sup> 和 0.0~0.7 kg/m<sup>2</sup>,男、女生轻度消瘦 BMI 差值分别为 0.0~0.5 kg/m<sup>2</sup> 和 -0.1~0.6 kg/m<sup>2</sup>。由此可知,参照内地消瘦界值点评价澳门学生,消瘦检出率将略低于参照澳门界值点。2)超重和肥胖 BMI 界值点,澳门儿童青少年各年龄中超重和肥胖 BMI 界值点均高于内地,

其中男、女生超重BMI差值分别为0.0~1.7 kg/m<sup>2</sup>和0.0~1.3 kg/m<sup>2</sup>,男、女生肥胖BMI差值分别为0.0~2.3 kg/m<sup>2</sup>和0.0~2.9 kg/m<sup>2</sup>。由此可知,在实践中参照内地肥胖BMI

界值点评价澳门学生,肥胖检出率将会高于参照澳门界值点,从而导致夸大澳门学生肥胖率,且男生7~13岁和女生6~14岁年龄段尤其突出。

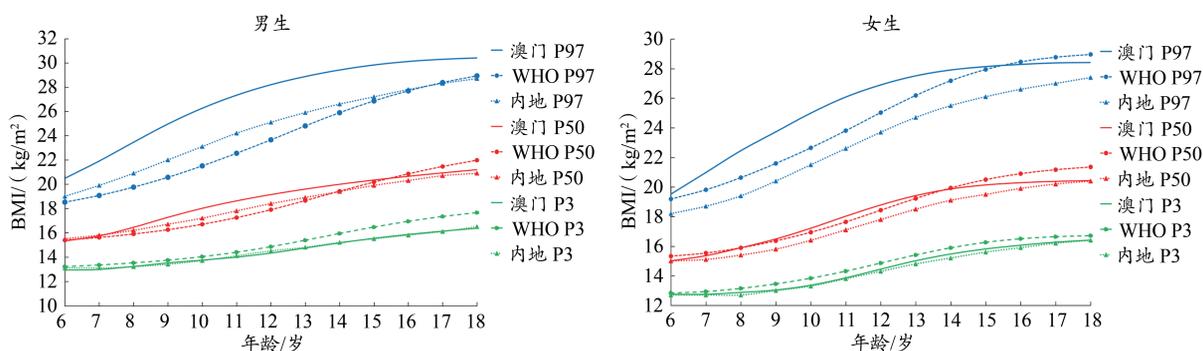


图8 澳门儿童青少年BMI生长曲线与内地、WHO比较

Figure 8. Comparison of BMI Growth Curves of Macau Children and Adolescents with the Chinese Mainland and WHO

### 3 分析与讨论

本研究建立了澳门本土6~18岁儿童青少年的身高、体重和BMI等指标的生长曲线,并基于生长曲线研制了澳门儿童青少年BMI的消瘦、超重和肥胖的界值点,为澳门儿童青少年生长发育评价提供了简便、有效的评估及监测工具。研究发现,澳门与内地九城市儿童青少年生长曲线存在较大差异,如澳门儿童青少年的体重和BMI大部分年龄组高于内地;且各年龄段超重、肥胖界值点高于内地界值点。这与其他学者的类似研究结论一致,如张彦峰等(2015)研究发现澳门市民体质总体水平显著低于上海;吴向军等(2009)研究发现澳门儿童青少年身体形态指标显著低于北京。

#### 3.1 澳门儿童青少年生长发育与内地、国外差异的原因分析

##### 3.1.1 澳门与内地差异的原因

1) 身体活动环境因素。澳门土地面积小,每平方公里人数达2.0万人,人口密度在世界主要经济体中排名第一,人均居住面积约为内地城市的一半(罗志恒,2022)。人口密度极大导致学校体育场地严重不足,只有少数学校有较正规的体育场地及设施,有的学校甚至连正常体育课都无法在校内完成(罗美娜,2010)。同时,澳门地势为丘陵地貌,城区马路窄、坡道多,学生出行方式主要是搭乘父母自驾车和巴士等体力能量消耗较低的交通方式,这种低能耗出行方式在一定程度上降低了澳门儿童青少年的身体活动强度,进而影响生长发育水平(张彦峰等,2015)。

2) 体育锻炼因素。体育锻炼的认知和习惯是影响儿童青少年生长发育的重要因素(王立伟等,2020)。2020年澳门市民健身活动调查结果显示,澳门70.0%的儿童青少年认为体育锻炼是非常有用的(澳门特别行政区政府体育局,2022),而根据《2020年全民健身活动状况调查公

报》,内地91.0%的儿童青少年认为体育健身具有积极作用,内地儿童青少年对运动促进健康理念的认可度高于澳门儿童青少年。经常参加体育锻炼人群方面,按经常锻炼的标准,澳门13~18岁群体经常参加体育锻炼的人数比例为55.4%,内地儿童青少年为55.9%。虽然澳门与内地锻炼人口差异不显著,但是澳门儿童青少年对体育锻炼的认知和态度等科学健身素养方面低于内地,这可能会影响其参与体育锻炼的效果,进而影响其生长发育水平,尤其是对体重的影响。

3) 地理环境因素。不同地理位置和自然环境会对身体形态产生重要影响(张彦峰等,2019)。生长发育的可能性由遗传决定,生长发育的现实性由环境决定(张迎修,2004)。澳门位于中国东南部沿海,北回归线以南,澳门三面环海,冬短夏长,年平均气温约为22.6℃,气候环境、日照等有别于内地,澳门有别于内地的地理环境必然会在儿童青少年身体形态上有所体现。

4) 历史因素。欧洲文明和东方文明的交汇融通,形成了澳门独特的人文社会环境,人文社会环境对生长发育尤其是体重有重要影响。同时,特有的历史给当地留下了独特的生物基因,澳门族群多样(张丽,2015),而不同人种的生长发育水平和速度存在差异(李辉等,2009a),这也在一定程度上导致了澳门与内地儿童青少年生长发育的不同。

5) 经济因素。经济发展带来了充足的营养食品,但较多快餐、碳酸饮料等高热量、高脂肪饮食的摄入,更易导致儿童营养过剩。澳门回归祖国后经济高速发展,人均GDP位居世界前列,远超内地水平,且澳门经济结构以第三产业为主,消费和消费结构有别于内地(盛力,2020)。Tao等(2022)研究发现,澳门青年动物性食物的摄入量偏高,而大豆和坚果、牛奶和乳制品以及蔬菜和水果的摄入量均较低,且澳门大学生每日摄入的维生素A、

维生素 B1、钙和碘明显低于推荐标准。尤淑瑞等(2005)研究发现,澳门成年人摄入膳食中脂肪供能接近 WHO 建议的 30% 上限。

6) 教育因素。澳门与内地教育活动存在诸多不同。首先,澳门《本地学制正规教育课程框架》虽然规定了各年级最低学时数,但缺乏统一的体育课程标准。由于历史原因,澳门的中小学以私立为主公立为辅,而私立又分为宗教背景和没有宗教背景两大类型,各类型学校无统一的体育教学目标和统一的考核标准,以致很多学校和体育教师失去方向感,显得无所适从(司徒秋芳,2011)。内地中小学具有完备的体育课程标准体系,且将体育成绩纳入中考总分,这对学生的生长发育促进具有重要作用。其次,澳门儿童入学年龄比内地早。内地幼儿园大班有大量“6岁+”的儿童,而澳门儿童更早进入小学学习。2020年调查显示,澳门6岁儿童95.1%在小学,而在幼儿园只占4.9%(澳门特别行政区政府体育局,2022),对应的是小学和中学各年级的年龄普遍低于内地学生,而不同年级的体育教育活动并不相同,其对儿童青少年的生长发育也会产生一定影响。

### 3.1.2 澳门与国外差异的原因

国外儿童青少年生长曲线是基于欧美人群数据研制,且超重、肥胖界值点接轨的是欧美成人界值点。亚洲人与欧美人的生长发育差距较大,从生长曲线可以看出,澳门男生15岁前、女生13岁前身高高于欧美人,之后则低于欧美人。另外,二者采集样本数据的时间间隔较远,也可能是造成差异的原因之一。

### 3.2 局限性

研究澳门儿童青少年消瘦、超重和肥胖的界值点,虽然借鉴了当前国外发达国家和重要国际组织制定儿童青少年 BMI 界值点所使用的与成年人接轨法,但最理想界值点应基于对健康影响的相关疾病而制定,因此本研究具有一定的局限性。

## 4 结论

本研究基于澳门特区政府组织的2015年与2020年澳门市民体质监测数据,采用 GAMLSS 模型构建了澳门6~18岁儿童青少年身高、体重和 BMI 的生长曲线,检验表明所建百分位生长曲线光滑稳定,模型的拟合优度良好。同时运用接轨成年人 BMI 界值点的方法研制了澳门儿童青少年中重度消瘦、轻度消瘦、超重和肥胖的 BMI 界值点。澳门儿童青少年生长曲线与内地、国外存在差异,澳门儿童青少年超重、肥胖界值点均高于内地。运用本研究研制的界值点发现,2015~2020年澳门男生、女生肥胖率分别增加了0.6个百分点和0.4个百分点。建议在评价与诊断澳门儿童青少年生长发育时使用澳门本土化的儿童青少年生长曲线和 BMI 界值点。

## 参考文献:

- 澳门特别行政区政府体育局,2022. 2020年澳门特别行政区市民体质监测报告[M]. 中国澳门:澳门传媒有限公司:99-103.
- 韩雨辰,2016. 用LMS法建立南京市3~6岁儿童身高、体重、体质指数生长曲线及国际标准的比较[D]. 扬州:扬州大学:18-24.
- 蒋一方, TIM C, 潘蕙琦, 等, 2007. 上海市区0~18岁年龄别身高及体重标准研制[J]. 上海预防医学杂志, 19(11): 544-547.
- 李辉, 季成叶, 宗心南, 等, 2009a. 中国0~18岁儿童、青少年身高、体重的标准化生长曲线[J]. 中华儿科杂志, 47(7):487-492.
- 李辉, 季成叶, 宗心南, 等, 2009b. 中国0~18岁儿童、青少年体块指数的生长曲线[J]. 中华儿科杂志, 47(7):493-498.
- 刘姝, 刘珂, 王欢, 2019. 2005年与2015年澳门儿童青少年生长发育快速增长长期体质特征的比较研究[J]. 中国体育科技, 55(12): 39-48.
- 罗美娜, 2010. 澳门地区小学体育教育现状的调查与研究[D]. 北京:北京体育大学: 21-22.
- 罗志恒, 2022. 港澳经济发展报告 2022: 下一个 25 年, 走向何方 [EB/OL]. (2022-07-01) [2023-06-20]. <https://www.163.com/dy/article/HB7MIGLB0519IGF7.html>.
- 盛力, 2020. 回归后的澳门经济发展:成就、经验与展望[J]. 人民论坛, 655(1):58-63.
- 司徒秋芳, 2011. 澳门教会学校与非教会学校中学体育教育比较研究 [D]. 北京:北京体育大学:31.
- 王立伟, 曹卫东, 张彦峰, 等, 2020. 中国儿童青少年发展报告(2018年蓝皮书):2018~2019年全国儿童青少年体育健身活动状况调查报告[M]. 北京:中国科学技术出版社:128-143.
- 王云涛, 施美莉, 2019. 澳门超重、肥胖儿童青少年体质特征及影响因素研究[J]. 中国体育科技, 55(12):59-67.
- 吴向军, 蔡睿, 李文慧, 等, 2009. 北京与澳门居民体质状况对比研究[J]. 中国体育科技, 45(5):122-129.
- 尤淑瑞, 官世海, 翟凤英, 等, 2008. 澳门成年人的膳食营养状况与膳食指南[C]//中国营养学会第十次全国营养学术会议暨第七届会员代表大会论文摘要汇编. 北京:中国营养学会:141.
- 张丽, 2015. 60年来大陆地区澳门史研究回顾[J]. 兰州学刊, 256(1): 19-34.
- 张彦峰, 江崇民, 蔡睿, 等, 2015. 澳门市民与北京、上海、天津市民体质状况的比较研究[J]. 中国体育科技, 51(4):125-133.
- 张彦峰, 李森, 江世恩, 2019. 《澳门市民体质测定标准》的制定研究[J]. 中国体育科技, 55(12):12-21.
- 张迎修, 2004. 中国沿海 11 省市儿童青少年的生长发育状况[J]. 人类学学报, 23(2):159-163.
- 中国肥胖问题工作组数据汇总分析协作组, 2002. 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, 23(1):5-10.
- 中华人民共和国卫生和计划生育委员会, 2014. WS/T 456-2014, 学龄儿童青少年营养不良筛查标准[S].
- 中华人民共和国卫生和计划生育委员会, 2018. WS/T 586-2018, 学龄儿童青少年超重与肥胖筛查标准[S].
- ASIF M, ASLAM M, WYSZYNSKA J, et al., 2020. Establishing body mass index growth charts for Pakistani children and adolescents using the Lambda-Mu-Sigma (LMS) and quantile regression method[J]. Minerva Pediatr, 75(6):866-875.
- BELLIZZI M C, DIETZ W H, 1999. Workshop on childhood obesity: Summary of the discussion[J]. Am J Clin Nutr, 70(1): 173S-

- 175S.
- COLE T J, BELLIZZI M C, FLEGAL K M, et al., 2000. Establishing a standard definition for child overweight and obesity worldwide: International survey[J]. *BMJ*, 320(7244):1240-1243.
- COLE T J, FLEGAL K M, NICHOLLS D, et al., 2007. Body mass index cut offs to define thinness in children and Body mass index cut offs to define thinness in children and adolescents: International survey[J]. *BMJ*, 335(7612):194.
- GOYAL A, KHADGAWAT R, 2019. Height velocity percentile curves in Indian children: Time to move beyond standard growth charts[J]. *Indian Pediatr*, 56(1):19-20.
- ITABASHI K, MIURA F, UEHARA R, et al., 2014. New Japanese neonatal anthropometric charts for gestational age at birth[J]. *Pediatr Int*, 56(5):702-708.
- KUCZMARSKI R J, OGDEN C L, GUO S S, et al., 2002. 2000 CDC Growth Charts for the United States: Methods and development[J]. *Vital Health Stat*, (246):1-190.
- STASINOPOULOS M D, RIGBY R A, BASTIANI F D, 2018. GAMLSS: A distributional regression approach[J]. *Statistical Modelling*, 18(4):248-273.
- SUNG R Y, SO H K, CHOI K C, et al., 2008. Waist circumference and waist-to-height ratio of Hong Kong Chinese children[J]. *BMC Public Health*, 8(1):324.
- TAO X, SHAO Y, XU D H, et al., 2022. Dietary patterns and nutrient intake in university students of Macao: A cross-sectional study[J]. *Nutrients*, 14(17):3642.
- WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO), 2007. Growth reference data for 5-19 years [EB/OL]. (2007-09-15) [2023-06-20]. <https://www.who.int/tools/growth-reference-data-for-5to19-years>. (收稿日期:2023-05-09; 修订日期:2023-12-04; 编辑:马婧)