

肥胖男性少年足底动态压力变化参数

张少伟¹, 邹晓峰², 陈民盛³

Plantar pressure distribution characteristics in male obese adolescents

Zhang Shao-wei¹, Zou Xiao-feng², Chen Min-Sheng³

¹Institute of Physical Education, Northeast Normal University, Changchun 130012, Jilin Province, China;
²Institute of Physical Education, Jilin University, Changchun 130024, Jilin Province, China;
³Teachers College, Shenzhen University, Shenzhen 518060, Guangdong Province, China

Zhang Shao-wei, Professor, Institute of Physical Education, Northeast Normal University, Changchun 130012, Jilin Province, China
zhangsw616@nenu.edu.cn

Correspondence to: Chen Min-sheng, Doctor, Professor, Teachers College, Shenzhen University, Shenzhen 518060, Guangdong Province, China
mschen1960@163.com

Received: 2011-05-06
Accepted: 2011-06-28

Abstract

BACKGROUND: Children's obesity often leads to flat feet, foot and knee introversion and extraversion.

OBJECTIVE: To investigate the plantar pressure distribution characteristics in male obese children aged 13-15 years and the influences on body balance ability of adolescents.

METHODS: A total of 60 school male students aged 13-15 years were randomly selected from Affiliated Middle School of Northeast Normal University. These male adolescents were assigned to three groups according to body mass index with 20 boys in each group: control group (18.5-24.9 kg/m²), overweight group (25-30 kg/m²) and obese group (> 30 kg/m²). The dynamic plantar pressure distribution characteristics during natural walking were analyzed through the use of Belgium footscan planter pressure measurement system.

RESULTS AND CONCLUSION: The vertical force-time curve of male adolescents with different body weights showed that the percentage of peak and valley during gait cycle increased with increasing body weight. Compared with the control group, the time of ground touching for foot arch region was significantly longer, the percentage of contact area of foot arch and heel was significantly increased, and the percentage of contact area of propodium was significantly increased in the overweight and obese groups. Total plantar pressure was significantly greater in the overweight and obese groups than in the control group. The total plantar pressure was positively related to body weight and plantar contact area was positively related to body weight. Changes in plantar pressure in each region with exception of foot heel and the first phalanx were significantly greater in the overweight and obese groups than in the control group. Results showed that overweight and obese can lead to changes in plantar pressure in male adolescents.

Zhang SW, Zou XF, Chen MS. Plantar pressure distribution characteristics in male obese adolescents. Zhongguo Zuzhi Gongcheng Yanjiu yu Linchuang Kangfu. 2011;15(33): 6262-6266. [http://www.crter.cn http://en.zglckf.com]

摘要

背景: 青少年肥胖常引发扁平足、足、膝内外翻等症状。

目的: 了解 13~15 岁肥胖男生足底压力参数的分布特点,认识对青少年身体平衡能力等方面所产生的影响。

方法: 随机选择长春市东北师范大学附属中学 13~15 岁的健康在校男生 60 人,根据体质量指数标准分为 18.5~24.9 kg/m² 的对照组, 25~30 kg/m² 的超重组和大于 30 kg/m² 的肥胖组,各 20 人。借助比利时 footscan 足底压力测试系统,分析各组自然行走时足底动态压力分布变化特征。

结果与结论: 不同体质量男生的足底垂直力-时间曲线的足跟着地时的冲击峰和足完全放平时出现的谷值出现在步态周期的百分比随体质量的增加而加长;超重组和肥胖组足弓部位的触地时间明显大于对照组,同时足弓和足跟的接触面积百分比增大,而前足的百分比值减小;超重组和肥胖组的足底总峰值压强明显大于对照组,足底总压强与体质量呈正相关,足底的接触面积和体质量之间存在着明显的正相关;除了足跟和第 1 趾骨外,超重组和肥胖组其他各部位及总的压强变化率均大于对照组。说明超重于肥胖可使男生足底压力发生变化。

关键词: 肥胖; 超重; 男生; 足底动态压力; 特征; 冲量

doi:10.3969/j.issn.1673-8225.2011.33.044

张少伟, 邹晓峰, 陈民盛. 肥胖男性少年足底动态压力变化参数[J]. 中国组织工程研究与临床康复, 2011, 15(33):6262-6266. [http://www.crter.org http://cn.zglckf.com]

0 引言

随着工业化程度和生活水平的不断提高,超重和肥胖已经成为一种流行病^[1-3]。通常认为,少年儿童个体形态与机能的发育速度和匀称度与健康状况密切相关,而在体格发育不匀称当中,最常见的当属肥胖^[4]。由于过度肥胖易出现扁平足、足膝内外翻等症状,甚至导致代谢紊乱、糖尿病等成年性疾病^[5-16]。13~15 岁年龄段是少年儿童的重要生长发育期,通过对该年龄段肥胖少年步态的测试,可以了解他们足底压

力参数的分布特点,从中找出肥胖度不同的少年足底压力的参数差异以及这些参数对身体平衡能力等方面所产生的影响,进而推测这些参数的变化可能对肥胖少年带来的身体危害程度。

1 对象和方法

设计: 随机抽样调查分析。

时间及地点: 于 2010-10 在东北师范大学体育学院运动人体科学实验室完成。

对象: 于长春市东北师范大学附属中学随机选择 13~15 岁的健康在校男生 60 人。

纳入标准: ①经询问和检查均无足部畸形, 异常步态和足部外伤史。②测试前未参加过剧烈运动, 无肌肉疲劳症状。③受试者及其监护人对实验均知情同意。

严格按照中国肥胖工作组制定的体质指数(body mass index, BMI)标准^[17], 将测试对象分为3组: BMI 18.5~24.9 kg/m²的对照组, BMI 25~30 kg/m²的超重组和 BMI 大于 30 kg/m²的肥胖组, 每组各筛选20人。

方法:

身高和体质量的测量: 使用欧姆龙HN-282型电子体重计, 测量受试者的身高和体质量。

足底压力参数的测量: 采用比利时RSscan公司生产的Footscan 7 USB2足底压力测试系统, 适应性练习后, 以正常步速测试步态周期中左右足的足底压力参数。采样频率设置为300 Hz。

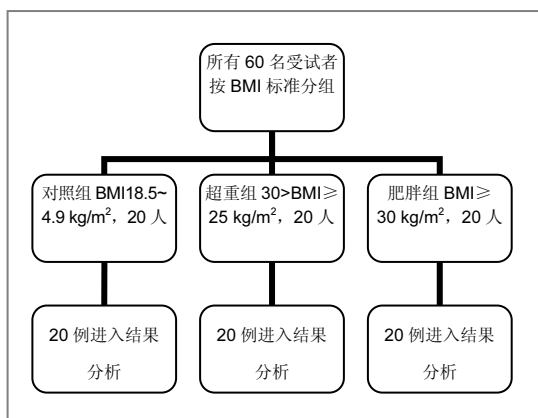
首先, 根据足的解剖位置, 将足底分为前足、足弓和足跟3个区域; 然后, 又将足底分为足跟、足弓、第1跖骨头、第2跖骨头、第3~5跖骨头、第1趾骨、第2~5趾骨, 共7个细分区域。分析数据取每位受试者左足3次有效数据的平均值, 分别获取足底应力、平均足底压力最大峰值压力和各部位平均最大压力, 特定区域压力变化率, 足底各部位接触时间、接触面积, 压力中心的数据。

主要观察指标: 足底压力测试法测定对照组、超重组、肥胖组垂直力-时间变化、压强、着地面积和冲量变化情况。

统计学分析: 使用SPSS 12.0对相关数据进行常规的统计检验。组间分析采用独立样本t检验, 所得数据采用 $\bar{x}\pm s$ 表示。

2 结果

2.1 实验对象数量分析 所有60名受试者均进入结果分析, 无脱落。实验流程如下:



2.2 实验对象基线数据 见表1

表1 受试者基本情况一览表
Table 1 Baseline data of subjects ($\bar{x}\pm s$, $n=20$)

Item	Control group	Overweight group	Obese group
Height (m)	1.7±0.1	1.6±0.1	1.7±0.1
Body mass (kg)	60.1±4.1	74.5±6.7 ^a	91.2±7.7 ^a
Age (yr)	14.3±0.8	13.6±0.9	13.9±0.9
BMI (kg/m ²)	20.5±1.3	26.5±0.8 ^a	31.0±3.2 ^a

^a $P < 0.05$, vs. control group. BMI: body mass index.

2.3 不同体质量男生的足底垂直-时间变化 各组足底垂直力-时间曲线均表现为典型的双峰型曲线, 并且第2峰的峰值力大于第1峰。通过对步态的结构分析表明, 第1峰为冲击峰, 它出现在足跟着地时刻, 力的大小受足着地状态的影响, 随着足受力面积的增大。当足完全放平时, 出现1个谷值; 在足趾蹬离地前出现第2峰值。

超重组和肥胖组的2个峰值力均大于正常组。超重组谷值下降的百分比比正常组更明显($P=0.016$); 但与肥胖组接近。所有组别中2个峰值出现在步态周期的时间的差异均无显著性意义($P > 0.05$); 但第1峰和谷值出现在步态周期的百分比有随体质量的增加而加长的趋势, 并且肥胖组加长的趋势与对照组相比差异呈显著性意义($P < 0.05$); 而超重组和肥胖组的第2个峰的出现时间却比对照组要早一些, 见表2。

表2 各组男生的足底垂直力-时间曲线 2 峰值 1 谷值参数及时间变化参数
Table 2 Valley and peak values as well as time parameters of vertical force-time curve 2 peak1 of male adolescents ($\bar{x}\pm s$, $n=20$)

Item	Control group	Overweight group	Obese group
F ₁ (%)	1.29±0.19	1.45±0.13	1.33±0.20
F ₂ (%)	0.90±0.14	1.09±0.13 ^a	1.03±0.17
F ₃ (%)	1.46±0.15	1.50±0.16	1.35±0.12
T ₁ (%)	24.40±4.50	27.30±6.10	27.40±6.10
T ₂ (%)	45.8±15.70	50.50±5.40	55.00±10.90 ^a
T ₃ (%)	77.40±1.70	76.90±3.10	75.50±2.50
T (s)	0.66±0.06	0.66±0.04	0.67±0.09

^a $P < 0.05$, vs. control group; F%: percentage of foot stress on weight; T%: percentage of peak or valleys during gait cycle; T: time of one gait cycle; F₁: peak of the ground touching for foot arch region, it was the first peak; F₂: the valley appeared when the total foot touched the ground; F₃: second peak when the toe kicked off the ground; T₁: time of the heel touched the ground; T₂: the foot was completely flat; T₃: before the toe kicking off the ground

2.4 不同体质量男生的足底压强分布与传导特征 在常速行走时, 所有测试对象足的着地顺序均是: 足跟、足弓、第1跖骨头、第3~5跖

¹东北师范大学体育学院, 吉林省长春市 130012;
²吉林大学体育学院, 吉林省长春市 130024;
³深圳大学师范学院, 广东省深圳市 518060

张少伟, 男, 1956年生, 吉林省长春市人, 汉族, 1982年东北师范大学体育学院毕业, 教授, 主要从事运动训练与竞赛的研究。
zhangsw616@nenu.edu.cn

通讯作者: 陈民盛, 博士, 教授, 深圳大学师范学院, 广东省深圳市 518060
mschen1960@163.com

中图分类号: R318
文献标识码: B
文章编号: 1673-8225 (2011)33-06262-05

收稿日期: 2011-05-06
修回日期: 2011-06-28
(20110506019/YJ · S)

骨头、第2跖骨头、第2~5趾骨、第1趾骨；且足的蹬离地顺序相反，见表3。所不同的是超重组和肥胖组足弓部位的着地时间均比对照组提前，而离地时间却比对照组延迟，其中肥胖组着地时间和离地时间与对照组相比差异均有显著性意义($P < 0.05$)。另外，超重组和肥胖组在第1趾骨、第1跖骨头、第3跖骨头、足弓和足跟这5个部位的触地时间百分比大于对照组，从而提示第1趾骨、第1跖骨头、第3跖骨头、足弓、足跟等部位的触地时间百分比会随体质量的增加而有所增加。

从最大压强分布的状态来看，对照组、超重组和肥胖组的动态总峰值压强分别为 6.02，7.81 和 9.11 N/cm²；其中超重组和肥胖组的平均足底峰值压力均比对照组大($P=0.028$ ； $P=0.003$)。在局部的压强方面：除超重组第2~5趾骨的压强比正常组小以外，其他各参数值均大于对照组，其中超重组在第2~5趾骨头、第3~5跖骨头的压强与对照组相比差异有显著性意义($P=0.023$, 0.02)；而肥胖组跖骨头区域的压强也明显大于对照组($P=0.04$, 0.02, 0.022)，见表3。

表3 各组足底压强变化
Table 3 Change of plantar pressure in each group ($\bar{x}\pm s$, $n=20$)

Item	P_{Max} (N/cm ²)	$T_{max} P$ ($\times 10^2$ ms)	LR (N/cm ² .ms)	CA (cm ²)
Control group				
Toe 1	12.01±5.82	5.43±0.61	0.09±0.08	16.02±3.11
Toe 2-5	3.20±2.03	5.29±0.52	0.03±0.02	16.62±4.63
Meta 1	9.45±4.61	4.88±0.48	0.04±0.02	6.93±2.21
Meta 2	21.62±7.81	5.03±0.57	0.06±0.02	8.75±1.74
Meta 3-5	13.86±5.42	4.37±0.81	0.06±0.01	26.29±3.32
Mid	4.82±3.23	2.07±0.86	0.09±0.12	39.28±9.90
Heel	20.24±9.90	0.97±0.46	3.72±4.31	28.33±3.82
SUM	6.02±1.01	4.07±1.91	0.11±0.05	143.12±16.51
Overweight group				
Toe 1	11.25±4.80	5.57±0.45	0.06±0.05	15.52±4.18
Toe 2-5	1.54±1.62 ^a	4.88±0.61	0.03±0.03	11.82±2.84 ^a
Meta 1	11.33±5.61	4.55±1.38	0.08±0.07	8.93±0.04
Meta 2	24.61±8.07	5.24±0.56	0.07±0.03	9.15±1.24
Meta 3-5	24.40±8.73 ^a	4.71±0.90	0.09±0.03 ^a	28.52±2.37
Mid	8.17±2.64	2.26±0.55	0.08±0.03	42.69±6.44
Heel	24.53±6.51	1.15±0.07	2.35±6.52	30.48±4.22
SUM	7.81±2.24 ^a	2.30±1.70 ^a	0.14±0.07	149.18±13.04
Obese group				
Toe 1	12.62±5.08	5.43±0.69	0.09±0.05	17.14±3.92
Toe 2-5	3.69±1.23	5.15±0.63	0.04±0.02	12.72±3.41
Meta 1	13.88±6.19 ^a	4.68±0.63	0.07±0.04	9.94±2.11 ^a
Meta 2	27.27±11.21 ^a	4.51±0.67	0.08±0.04 ^a	9.50±1.06
Meta 3-5	26.61±8.70 ^a	4.74±0.60	0.09±0.03	25.52±7.87
Mid	7.76±2.62	2.69±0.98	0.10±0.04	48.35±13.08
Heel	27.06±37.11 ^a	0.84±0.37	2.67±2.82	34.47±4.16
SUM	9.11±2.41 ^b	3.14±1.87	0.19±0.11 ^a	157.01±20.60

^a $P < 0.05$, ^b $P < 0.01$, vs. control group; P_{Max} : average maximum pressure; $T_{max} P$: time of the foot arch touched the ground; LR: pressure change rate of a specific area; CA: contact area; Meta: metatarsal

从压强变化率来看，3个组别从大到小的顺序分别是，对照组：足跟>第1趾骨>足弓>第3~5跖骨头>第2跖骨头>第1跖骨头>第2~5趾骨；超重组：足跟>第3~5跖骨头>足弓>第2跖骨头>第1跖骨头>第1趾骨>第2~5趾骨；肥胖组：足跟>足弓>第1趾骨>第3~5跖骨头>第2跖

骨头>第1跖骨头>第2~5趾骨。

2.5 不同体质量男生的着地面积与冲量特征 3组受试者足的着地面积表现为：正常组<超重组<肥胖组，即接触面积具有随着体质量的增加而增大的趋势。在局部细分区域上，对照组着地面积大小依次为足弓>足跟>第3~5跖骨头>第2~5趾骨>第1趾骨>第2跖骨头>第1跖骨头；而超重组和肥胖组与之不同的是第2~5趾骨处接触面积明显小于对照组($P=0.002$)。从足底前足、足弓和足跟3个区域的接触面积占全足的百分比大小顺序来看，前足>足弓>足跟，并且足跟和足弓处的着地面积百分比具有随着受试者体质量的增加而增大，而前足的接触面积百分比却呈现随体质量的增加而下降的趋势，见表4。

表4 不同组别足底接触面积占全足的百分比
Table 4 Percentage of contact area on total foot ($\bar{x}\pm s$, $n=20$, %)

Group	Rarefoot	Midfoot	Forefoot
Control	19.98±2.31	27.43±4.51	52.52±3.78
Overweight	21.47±2.38	28.91±3.52	49.73±2.62
Obese	21.92±2.30	30.24±5.37	47.82±6.07

从受试者冲量变化情况看，前足受到的冲量最大，其次是足跟，而足弓部位所受的冲量最小；组间比较表明，足跟、足弓、前足所承受的冲量均具有随体质量的增加而增大的特点，特别是足跟部的冲量，肥胖组与对照组相比差异更为突出($P=0.004$, 0.003)。但前足、足弓、足跟部位的冲量分布百分比值在组间差异却不存在显著性意义，见表5，这说明较大的体质量并不造成受试者冲量分布的改变。

表5 不同组别足底冲量分布
Table 5 Distribution of foot impulse in different groups ($\bar{x}\pm s$, $n=20$, N·s)

Group	Rarefoot	Midfoot	Forefoot	Sum
Control	2.92±0.63	1.45±0.83	4.44±1.66	2.96±0.50
Overweight	4.28±1.11 ^a	1.78±0.95	4.73±1.63	3.58±1.32
Obese	4.58±1.42 ^a	1.83±1.34	5.04±3.31	3.81±1.23 ^a

^a $P < 0.01$, vs. control group

2.6 男生的足底压强和冲量与年龄、身高、体质量和体质量指数的相关分析 从本次实验的测试结果看，动态峰值足底压强与年龄和身高呈弱负相关($r=-0.289$, -0.261)；动态的足底压强与体质量($r=0.429$, $P=0.018$)和体质量指数呈高度正相关($r=0.522$, $P=0.002$)；足底的总冲量与年龄和身高也呈弱的负相关($r=-0.215$, -0.163)；总冲量与体质量($r=0.462$, $P=0.01$)和体质量指数也呈高度正相关($r=0.541$, $P=0.002$)；足底的接触面积与年龄、身高、体质量指数均呈弱正相关，与体质量呈高度正相关($r=0.414$, $P=0.023$)，见表6。

表6 男生足底压强、冲量、接触面积与年龄、身高、体质量和体质量指数 Pearson 相关分析
Table 6 Pearson correlation analysis between plantar pressure, impulse, and contact area and age, height, body mass and body mass index (r)

Item	Age	Height	Body mass	BMI
Peak plantar pressure	-0.289	-0.261	0.429 ^a	0.522 ^b
Total impulse	-0.215	-0.163	0.462 ^a	0.541 ^b
Area	0.107	0.258	0.414 ^a	0.306

^aP < 0.05, ^bP < 0.01, vs. control group; BMI: body mass index

3 讨论

探讨肥胖度因素对人体足底动态压力变化的参数特征, 其核心是试图揭示同龄段人群由于肥胖而导致体质量不同时, 在正常步态行走时人体足底不同部位的压强参数发生了哪些变化, 这些参数的改变对人体的生长和发育、日常的生活和工作以及健康造成了什么影响。从物理学的角度而言, 就是探讨人体体质量与足底不同部位所受压强之间的因果关系^[18]。

从垂直应力-时间变化反映出的实验组中第1波峰和波谷峰值所占步态周期的时间比对照组要长的现象, 可能与体质量较大的受试者在足着地后缓冲时间更长有关。由于足-地接触时间除与体质量有关外, 往往还与步进速度和着地方式有关。正常情况下, 足-地接触时间越短, 步进速度越快, 而步进速度越快, 足底压强参数的变化也越大^[19]; 由于走与跑在着地方式上的差异, 动态足底压强参数的表现也不同^[20-21]。上述因素均是产生人体足底压强变化的诱因, 也是本次实验必须控制的因素。本次实验统一采用常速步态行走这种日常习惯性足-地着地方式, 目的是消除不同着地方式对人体足底压力的影响; 另外, 通过对3组测试对象的足-地接触时间之间的组间差异性检验, 排除了步进速度对足底压强参数的影响。因此, 实验参数的变化较为客观的反映出了正常步态中13~15岁男生由于肥胖度的差异对足底压强参数的影响。

正常人的步行姿势是由足跟先着地, 逐渐过渡到足弓、跖骨和趾骨; 而离地则是由足跟开始, 直到足尖为止的顺序进行^[22]。但从本次实验结果来看, 超重组和肥胖组足弓部位的触地时间明显大于对照组, 提示出在同龄男生中随体质量的增加足弓部位的触地时间百分比有增大的趋势。足弓是由上下两个部分组成的, 可以形象地用弓箭的结构来比喻, 上部好比是弓背, 下部好比是弓弦。足弓的弓弦是跖腱膜, 它自跟骨结节起, 向前分成5个腱条, 止于屈肌腱鞘和跖骨头横韧带, 维持纵弓, 犹如弓弦^[23]。跖腱膜是维持足弓的重要结构, 如果这个弓弦松弛了, 那么足弓高度必然下降。足弓部位受

力时间越长, 承受的压强也越大, 长期的大压强会使足弓部位肌肉不能承受, 从而形成足弓塌陷, 最终慢慢形成扁平足, 这也许是超重和肥胖人群中扁平足例数较多的原因之一^[24]。另外, 实验组足底多个局部分区的触地时间百分比均大于对照组的现象, 也从侧面说明体质量的改变易产生各部位着地时间的延长, 从而导致足底各区域峰值压力也发生变化。

从理论上讲, 足底压强等于垂直压力除以接触面积的商, 因此, 足底压强和体质量明显相关。然而, 有文献研究显示足底压强和体质量呈弱相关^[25]。但本次实验结果却显示, 超重组和肥胖组的足底总峰值压强明显大于对照组, 足底总压强与体质量呈正相关, 这反映出13~15岁男生的足底压强和体质量明显相关。为了探讨身高对足底压强参数的影响, 引入体质量指数, 结果也发现足底压强和体质量指数也呈显著正相关, 这与袁刚等^[26]的研究结果基本吻合。

Veves等^[27]在探讨足底压强与年龄和身高的相关性时曾指出, 青少年儿童和成人的足底压强可能并不存在较大差。本次实验所提示出的足底压强与年龄、身高呈弱相关性的结果也进一步验证了这一事实。

通常而言, 体质量较大的人群全身脂肪的百分比较正常人也大, 当然足部的脂肪层也较厚, 足的接触面积也相应增加。足底的接触面积和体质量之间存在着明显的正相关关系就是例证。在足底各部位所受压强的大小和顺序上, 所有受试者第2跖骨头和足跟区域受到的压强最大; 第2~5趾骨的压强最小。但比较超重组和肥胖组各部位所受压强与对照组之间的差异时却发现, 除了趾骨区域外, 其他部位的压强均大于对照组, 这说明体质量增加不仅改变了总的足底压强, 而且还造成了局部压强的变化, 这种异常的局部高压强可能就是导致足或关节损伤的原因之一。

压强变化率反映出足在步态周期内压强的变化速率。在正常人群的行走中足跟部位的压强变化率最大^[28]; 而第2~5趾骨区域压强变化率最小^[29]。然而, 本次实验结果提示, 除了足跟和第1趾骨外, 实验组的其它各部位及总的压强变化率均大于对照组。这说明随着肥胖程度的增加, 人体运动的平衡调节能力却在下降。从而表现为运动时重心偏后, 在左右方向上的移动幅度加大, 两脚在左右方向上的横向距离加宽等行为现象。

另外, 体质量还会改变受试者足底中前足、足弓、足跟3个部位接触面积的百分比, 使足弓和足跟的接触面积百分比增大, 而前足的百分比减小。超重组第2~5趾骨头处的压强明显小于对照组和肥胖组, 究其原因产生的原因是较多的超重组受试者第3~5趾骨区域不着地, 特别是第3~5趾骨区域足底压强减小, 使足跟、足弓、第1, 2跖骨头和第1趾骨处的压力增大所致^[30]。

4 参考文献

- [1] Wang Y, Lobstein T. Worldwide trends in childhood overweight and obesity. *Int J Pediatr Obes*. 2006;1(1):11-25.
- [2] Raj M, Kumar RK. Obesity in children & adolescents. *Indian J Med Res*. 2010;132(5):598-607.
- [3] Lanigan J, Barber S, Singhal A. Prevention of obesity in preschool children. *Proc Nutr Soc*. 2010;69(2):204-210.
- [4] Kunkel D. Media research contributes to the battle against childhood obesity. *Health Commun*. 2010;25(6-7):595-596.
- [5] Chang JH, Wang SH, Kuo CL, et al. Prevalence of flexible flatfoot in Taiwanese school-aged children in relation to obesity, gender, and age. *Eur J Pediatr*. 2010;169(4):447-42.
- [6] Mickie KJ, Steele JR, Munro BJ. The feet of overweight and obese young children: are they flat or fat? *Obesity (Silver Spring)*. 2006;14(11):1949-1953.
- [7] Lai PP, Leung AK, Li AN, et al. Three-dimensional gait analysis of obese adults. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*. 2008;23 Suppl 1:S2-6.
- [8] Zhang J, Bao HY. *Zhongguo Linchuang Yisheng Zazhi*. 2007;35(12):7-8.
张君, 白汉玉. 儿童病态性肥胖[J]. 中国临床医生杂志, 2007, 35(12): 7-8.
- [9] Pfeiffer M, Kotz R, Ledl T, et al. Prevalence of flat foot in preschool-aged children. *Pediatrics*. 2006;118(2):634-639.
- [10] Du KN. *Zhongguo Shequ Yiyuan: Zonghe Ban*. 2008;9(23):16-18.
杜柯凝. 儿童单纯性肥胖症 85 例分析[J]. 中国社区医师(综合版), 2008,9(23):16-18.
- [11] Wang D, Liang L. *Linchuang Erke Zazhi*. 2010;28(12):1113-1116.
汪笛, 梁黎. 腹型肥胖对儿童、青少年代谢的影响及评价标准的确立[J]. 临床儿科杂志, 2010,28(12):1113-1116.
- [12] Sun JY. *Xiandai Zhongxiyi Jiehe Zazhi*. 2009;18(24):2912-2913.
孙英俊. 中心性肥胖与代谢异常的关系[J]. 现代中西医结合杂志, 2009,18(24):2912-2913.
- [13] Sanz Y, Santacruz A, Gauffin P. Gut microbiota in obesity and metabolic disorders. *Proc Nutr Soc*. 2010;69(3):434-441.
- [14] Landman GW, Van Hateren KJ, Kleefstra N, et al. The relationship between obesity and cancer mortality in type 2 diabetes: a ten-year follow-up study (ZODIAC-21). *Anticancer Res*. 2010;30(2): 681-682.
- [15] Tang L, Kubota M, Nagai A, et al. Hyperuricemia in obese children and adolescents: the relationship with metabolic syndrome. *Pediatr Rep*. 2010;2(1):e12.
- [16] Shi JY. *Zhongguo Yiyao Kexue*. 2011;1(2):85-86.
史军有. 甘肃省武山县肥胖和2型糖尿病关系调查[J]. 中国医药科学, 2011,1(2):85-86.
- [17] *Zhongguo Feipan Wenti Gongzuozu*. *Zhonghua Liuxingbing Xue Zazhi*. 2004;25(2):97-102.
中国肥胖问题工作组. 中国学龄儿童青少年超重、肥胖筛查体重指数值分类标准[J]. 中华流行病学杂志, 2004,25(2):97-102.
- [18] Qian JG, Song YW, Ye Q, et al. *Nanjing Tiyu Xueyuan Xuebao: Ziran Kexue Ban*. 2006;5(4):1-7.
钱竟光, 宋雅伟, 叶强, 等. 步行动作的生物力学原理及其步态分析[J]. 南京体育学院学报:自然科学版, 2006,5(4):1-7.
- [19] Villaroya MA, Casajus JA, Perez JM. Temporal values and plantar pressures during normal walking and racewalking in a group of racewalkers. *J Sport Rehabil*. 2009;18(2):283-295.
- [20] Chuckpaiwong B, Nunley JA, Mall NA, et al. The effect of foot type on in-shoe plantar pressure during walking and running. *Gait Posture*. 2008;28(3):405-411.
- [21] Cai LL, Pan HJ. *Jilin Tiyu Xueyuan Xuebao*. 2009;25(1):57-59.
蔡凌丽, 潘慧炬. 走、跑、跳动作足底压力分布特征研究[J]. 吉林体育学院学报, 2009,25(1):57-59.
- [22] Wu J, Li JS. *Zhongguo Yundong Yixue Zazhi*. 2002;21(3):305-307.
吴剑, 李建设. 人体行走时步态的生物力学研究进展[J]. 中国运动医学杂志, 2002,21(3):305-307.
- [23] *Quanguo tiyu yuanxiao jiaocai weiyuanhui*. Beijing: People's Sports Publishing House, 2000.
全国体育学院教材委员会. 运动解剖学[M]. 2版. 北京: 人民体育出版社, 2000.
- [24] Vora AM, Tien TR, Parks BG, et al. Correction of moderate and severe acquired flexible flatfoot with medializing calcaneal osteotomy and flexor digitorum longus transfer. *J Bone Joint Surg Am*. 2006;88(8):1726-1734.
- [25] Dong X, Fan YM, Zhang M, et al. *Shengwu Yixue Gongchengxue Zazhi*. 2002;19(1):148-153.
董骧, 樊瑜波, 张明, 等. 人体足部生物力学的研究[J]. 生物医学工程学报, 2002,19(1):148-153.
- [26] Yuan G, Zhang MX, Wang ZQ, et al. *Zhonghua Wuli Yixue yu Kangfu Zazhi*. 2004;26(3):156-159.
袁刚, 张木勋, 王中琴, 等. 正常人足底压力分布及其影响因素分析[J]. 中华物理医学与康复杂志, 2004,26(3):156-159.
- [27] Veves A, Fernando DJS, Walewski P, et al. A study of plantar pressures in a diabetic clinic population. *Foot*. 1991;1(2):89-91.
- [28] Zhang QL, Song SX, Dong J. *Zhongguo Xuexiao Weisheng*. 2007;28(9):814-816.
张庆来, 宋绍兴, 董杰. 健康大学生足底压力分布参数特征[J]. 中国学校卫生, 2007,28(9):814-816.
- [29] Wang MX. Shanghai: Tongji university, 2007.
王明鑫. 正常中国成年人足底压力分析[D]. 上海: 同济大学, 2007.
- [30] Chen XJ. *Zhonghua Guke Zazhi*. 2006;26(2):126-129.
陈哨军. 痉挛性脑瘫后足外翻畸形的治疗进展[J]. 中华骨科杂志, 2006,26(2):126-129.

来自本文课题的更多信息--

作者贡献: 陈民盛进行实验设计, 实验实施为陈民盛, 实验评估为陈民盛, 资料收集为邹晓峰, 张少伟成文, 邹晓峰审校, 张少伟对文章负责。张少伟与陈民盛对文章或实验的贡献相同, 故列为通讯作者等。

利益冲突: 课题未涉及任何厂家及相关雇主或其他经济组织直接或间接的经济或利益的赞助。

伦理批准: 在实验前将实验方案和风险告知代理监护人, 参与者及其监护人签署知情同意书。

本文创新性: 对长春市 13~15 岁肥胖男性足底压力参数的分布特点进行研究, 以期了解肥胖对青少年所产生的影响。