

doi:10.19677/j.issn.1004-7964.2020.05.011

8~10岁肥胖及正常儿童脚型发育的跟踪对比研究

刘梦媛^{1,2}, 郭梦圆¹, 刘浩¹, 晏诗阳², 赵义红², 杨璐铭^{1,2*}

(1. 四川大学皮革化学与工程教育部重点实验室, 四川成都 610065; 2. 四川大学制革清洁技术国家工程研究中心, 四川成都 610065)

摘要:采用 Infoot[®]足部三维扫描仪跟踪测试了 35 名儿童脚型结构, 其中肥胖儿童 14 名, 正常儿童 21 名, 跟踪测试持续 3 年, 每年 1 次。分别选取肥胖儿童与正常儿童的 10 组脚型特征部位参数进行对比分析, 探究肥胖与正常儿童的脚型差异以及三年的足部发育情况。研究表明: (1) 相同年龄下, 肥胖儿童足部各特征部位参数均显著大于正常儿童; (2) 肥胖儿童与正常儿童出现明显差异的脚型结构特征部位点随年龄的增长而变多。 (3) 儿童脚长与身高呈正相关, 脚型围度向数据如跖趾围长及基本宽度与体重呈正相关。

关键词:肥胖儿童; 脚型; 鞋设计; 跟踪

中图分类号: TS 943.1 **文献标志码:** A

A Follow-up Study on Foot Development of Obese and Normal Weight Children Aged 8-10 Years Old

LIU Mengyuan^{1,2}, GUO Mengyuan¹, LIU Hao¹, YAN Shiyang², ZHAO Yihong², YANG Luming^{1,2}

(1. The Key Laboratory of Leather Chemistry and Engineering of Ministry of Education, Sichuan University, Chengdu 610065, China; 2. National Engineering Research Center of Clean Technology in Leather Industry, Sichuan University, Chengdu 610065, China)

Abstract: Foot dimensions of 35 children, including 14 obese children and 21 normal-weighted children, were collected by the Infoot[®] 3D scanner. Follow-up checks were conducted after 12 months and 24 months, respectively. Ten foot dimensions were selected to perform statistical analyses between obese and normal-weighted children. Foot morphology changing for both groups in the three-year follow-ups were also investigated. Results showed that the foot dimensions of obese children were significantly larger than those of normal-weighted children at the same age; More differences of foot dimension parameters between obese children and normal-weighted children were found with age increasing; The foot length of children is positively correlated with height, while the foot circumference and the foot width are positively correlated with weight.

Key words: obese children; foot morphology; shoe design; follow-up

前言

儿童肥胖已经成为全球化的健康问题。据世界

卫生组织(WHO)统计,全球超重或肥胖婴幼儿人数从 1990 年的 3200 万增加到 2016 年的 4100 万,儿童肥胖会引发较多的并发症,包括糖尿病、心血管疾病以及足部疾病^[1]。

健康的足部是人类负重、行走以及各种下肢运动的基础。对于肥胖儿童而言,由于脚型与正常儿童差异较大,因此很难挑选到合脚的童鞋。有研究表明,不合脚的鞋子是导致足部结构性疾病(如拇外翻、小趾畸形)和皮肤病变(如鸡眼、老茧)发生的主要因素^[2,3]。幼儿时期的穿鞋不当,还会导致足部疼

收稿日期:2019-11-26

基金项目:国家自然科学基金青年基金(11502154);四川省大学生创新创业基金项目资助

第一作者简介:刘梦媛(1996-),女,硕士研究生,E-mail:120704813@qq.com。

*通信联系人:杨璐铭(1982-),女,副教授,ylml1982@126.com,主要从事功能革制品方向的教学和科研工作。

痛,甚至影响脚型的正常发育^[4]。Pyszard 对儿童的畸形脚进行了调查研究,发现畸形脚的形成与穿着不合脚的鞋有关^[5]。Buldt 提出在长度和宽度向的测量基础上,存在很大比例的人口(63%~72%)穿着不当的鞋子^[6]。Elena 等对儿童日常穿着鞋的合脚性调研结果显示,仅三分之一的受试者穿着的鞋类合脚^[7]。同时,有研究表明 6~10 岁是足部生长发育的重要时期^[8],在这一时期,儿童足部快速发育,因此这一时期鞋子的合脚性显得更为重要。

目前,国内市场还没有针对肥胖儿童专用鞋的研发设计,为更好的预防肥胖儿童足部损伤,肥胖儿童专用鞋的设计开发尤其重要。鞋类设计与楦型密切相关,而楦型的设计是以脚型发育特征为依据。研究表明,肥胖儿童脚型与体重正常儿童存在显著的差异,肥胖儿童脚型在跖趾围长处更大,足弓更低,脚背也更高^[9,10]。相比体重正常儿童,肥胖儿童步行过程中稳定性较差;行走效率低;容易产生扁平足^[11]。

目前国内外关于肥胖儿童脚型的研究不多,且主要以横向研究为主,缺少跟踪研究作为参考,研究涉及的足部参数较少。而人的足部是一个复杂的三维立体结构,全面的脚型测量数据对设计师提高鞋类的合脚性有着重要的作用。因此,本研究拟对 8 岁儿童连续三年的三维脚型数据进行跟踪测试,探究随年龄增长,肥胖与正常儿童脚型的发育规律以及差异。旨为中国肥胖儿童专用鞋以及鞋楦的设计提供数据支持,为肥胖儿童专用鞋的设计提供参考。

1 试验部分

1.1 试验方法

1.1.1 试验对象

本研究于 2017 年起,连续 3 年跟踪测试了 150

表 1 受试儿童的基本信息表

Tab. 1 Baseline data of participants of obese and normal weight children

年龄	人数/个	身高/cm	体重/kg	BMI/(kg/m ²)
8	NW(n=21)	129.5±4.8 ¹⁾	25.2±2.8 ¹⁾	15.0±1.0 ¹⁾
	OB(n=14)	136.8±5.6	43.7±6.8	23.3±2.6
9	NW(n=21)	134.6±4.7 ¹⁾	28.4±3.6 ¹⁾	15.7±1.4 ¹⁾
	OB(n=14)	142.5±5.6	50.9±8.2	25.0±2.8
10	NW(n=21)	140.6±4.8 ¹⁾	32.1±4.7 ¹⁾	16.2±1.8 ¹⁾
	OB(n=14)	148.5±6.1	58.7±9.1	26.5±3.0

1):p<0.05

表 2 足部测量数据定义

Tab. 2 Approach to measure the foot morphology

名称	定义
脚长	脚趾端点沿轴线方向到后跟突点的垂直距离 ¹⁾
第 1 跖趾关节	第 1 跖趾关节部位点沿轴线方向到后跟突点的垂直距离
第 5 跖趾关节	第 5 跖趾关节部位点沿轴线方向到后跟突点的垂直距离
前跗骨突点	前跗骨突点沿轴线方向到后跟突点的垂直距离
舟上弯点高度	舟上弯点到足底平面的垂直距离
前跗骨突点高度	前跗骨突点到足底平面的垂直距离
跖趾围长	过第 1 跖趾突点和第五跖趾突点的围度
前跗骨围长	过第 5 跖骨粗隆点末端和前跗骨突点的围度
兜跟围长	过后跟突点和舟上弯点的围度
基本宽度	第 1 跖趾关节与第 5 跖趾关节到轴线垂直距离的和

1)轴线指过后跟突点及第 2 趾骨重点的直线。

名儿童的脚型数据,测试地点为山东省烟台市某小学。从中严格筛选出 35 名年龄相同且无明显足部疾病、行走障碍的儿童,按照中国肥胖问题工作组发布的儿童、青少年超重、肥胖体重指数(BMI)分类标准^[12]对其分类,分为肥胖组(OB)和正常组(NW),其中,肥胖组 14 名,正常组 21 名,其中受试者信息如表 1 所示,本实验完全遵循《赫尔辛基宣言》,所有受试儿童均自愿参与试验,并由监护人签署试验知情协议。

1.1.2 试验仪器

本试验中采用的仪器为 Infoot[®] 足部三维扫描仪(日本, I-Ware Lab, IFU-S-01, 见图 1)。脚部尺寸测量采用英国 Delcam Power SHAPE 2011 R1 软件。

1.1.3 试验过程

在测试开始前,对 Infoot 足部三维扫描仪进行标定,校正扫描仪中各方向的摄像头。测试时,受试者保持裸足,并处



图 1 Infoot[®] 足部三维扫描仪
Fig. 1 Infoot[®] 3D foot scanner

于站立姿态,身体正直,目视前方,将身体重量平均分布在双足上,一只脚置于仪器内,另一只脚置于踏板上,保证扫描期间两脚齐平,静止不动。

1.2 数据处理

将 Infoot 采集到的三维足型数据导入 Delcam Powershape 三维设计系统,选取各受试者的右脚进行尺寸测量^[13]。

选取 10 个足部特征部位参数(详见表 2)进行跟踪对比研究。为排除脚长对各足部特征部位尺寸的影响,对各脚型参数进行标准化处理,处理公式为:

$$\text{标准尺寸} = (\text{各特征部位尺寸} / \text{脚长}) \times 230 \text{ mm}$$

采用 SPSS 17.0 统计分析软件对 8~10 岁儿童脚型数据进行分析。经 Kolmogorov-Smirnov 检验,显示数据均符合正态分布($P > 0.05$)。因此选用独立样本 T 检验,对肥胖、正常儿童脚型绝对值及标准化后相对值进行逐年对比。

2 结果与讨论

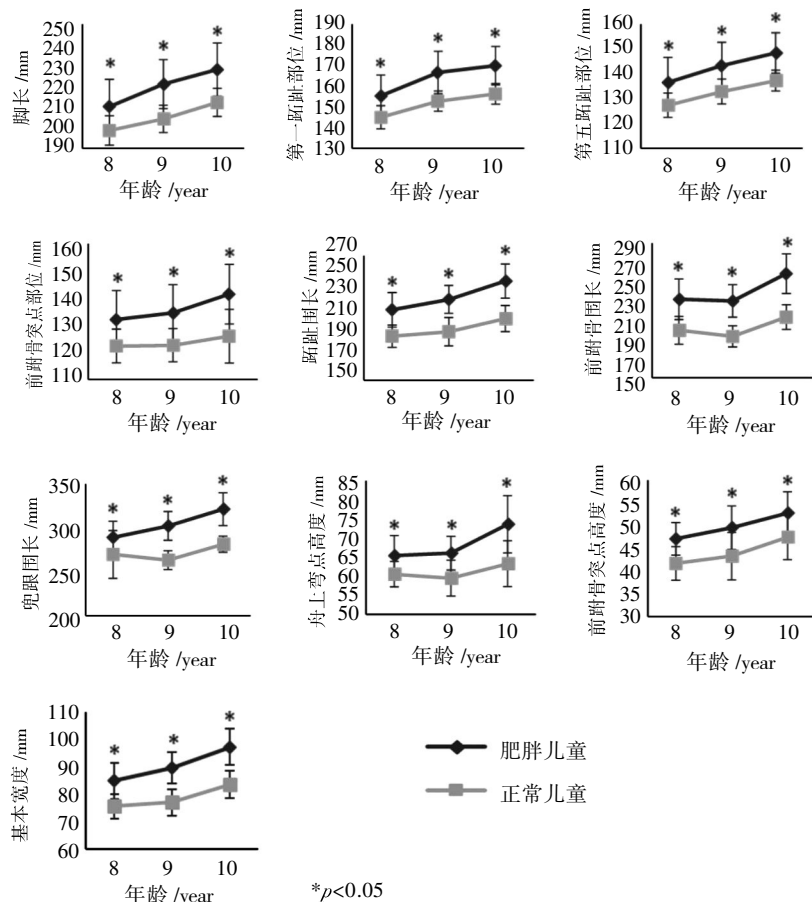
2.1 儿童脚型结构变化规律研究

8~10 岁肥胖儿童和正常儿童脚型结构的变化规律,如图 2 所示。研究表明,肥胖儿童在各年龄段的脚型数据均显著大于正常儿童,已有研究也提出肥胖儿童脚型较正常儿童更长、更宽^[9]。如表 3 所示,在 8~9 岁时,肥胖儿童脚长以及基本宽度的增长率与正常儿童存在显著差异;在 9~10 岁时,肥胖儿童与正常儿童的足部各特征部位点增长率无显著性差异。其中除前跗骨突点外的长度向参数在 8~9 岁的增长率高于 9~10 岁,相反高度向、围度向以及宽度向参数的增长率在 9~10 岁时较高,这与丘理对中国儿童脚型的横向研究结果一致,说明儿

表 3 儿童足部特征部位增长率的对比
Tab.3 Comparison of growth rates of the foot dimensions

参数	8~9 岁		9~10 岁	
	OB/%	NW/%	OB/%	NW/%
脚长	5.3 ¹⁾ ±4.9	2.8±1.8	3.2±2.0	3.9±1.5
第一跖趾关节	7.4±6.0	5.4±2.7	2.1±2.7	2.4±2.8
第五跖趾关节	5.2±6.0	4.4±3.6	3.7±3.5	3.4±2.6
前跗骨突点	2.2±8.3	0.4±4.8	5.6±9.7	3.0±9.8
基本宽度	6.0 ¹⁾ ±4.5	1.9±4.4	8.5±2.1	8.6±2.7
舟上弯点高度	1.2 ¹⁾ ±5.3	-1.8±3.5	11.4±8.3	6.5±8.8
前跗骨突点高度	5.2±6.9	3.8±7.4	6.8±7.7	10.4±11.6
跖趾围长	4.8±4.9	2.3±6.8	7.8±2.6	6.6±5.5
前跗骨围长	-0.5±5.7	-3.0±4.4	12.5±7.0	10.5±4.7
兜跟围长	4.7 ¹⁾ ±6.0	-1.7±8.1	6.3±2.2	6.9±2.3

1)p<0.05



*p<0.05

图 2 儿童脚型数据对比
Fig.2 Comparison of foot measures of children

童足部先长长,再长宽,同时,这也符合人体形态发育规律^[14]。

目前中国制鞋标准的童鞋码数最大为 240 mm,而本次对 8~10 岁儿童进行的脚型测试研究显示,

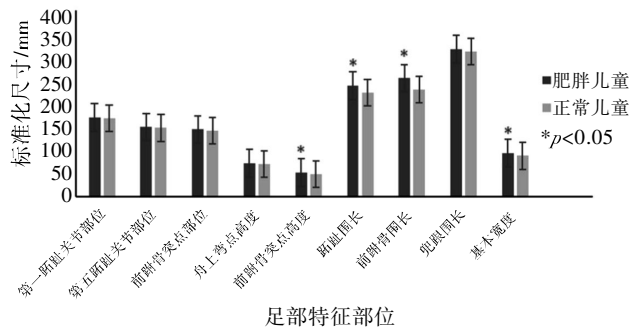


图 3 8 岁儿童足部特征参数对比(2017 年数据)

Fig.3 Comparison of normalized foot measures of 8 years old children (2017)

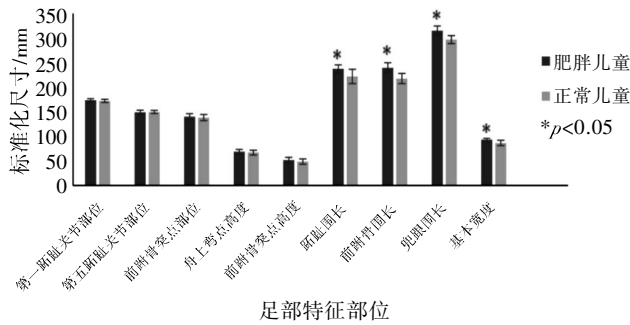


图 4 9 岁儿童足部特征参数对比(2018 年数据)

Fig.4 Comparison of normalized foot measures of 9 years old children (2018)

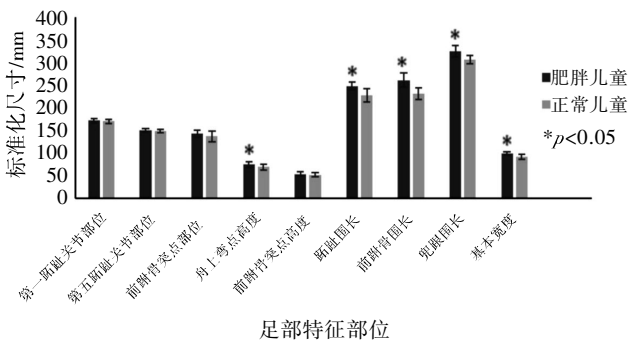


图 5 10 岁儿童足部特征参数对比(2019 年数据)

Fig.5 Comparison of normalized foot measures of 10 years old children (2019)

表 4 儿童脚型发育的相关系数(r)
Tab. 4 Correlation coefficient of foot development in children(r)

r	身高	体重	BMI
脚长	0.872 ¹⁾	0.780 ¹⁾	0.629 ¹⁾
跖趾围长	0.788 ¹⁾	0.856 ¹⁾	0.775 ¹⁾
基本宽度	0.807 ¹⁾	0.852 ¹⁾	0.761 ¹⁾

1) $p < 0.01$

已有 4% 的肥胖儿童脚长样本超过 240 mm。有研究表明,男性在 15 岁之后脚长停止增长,女性则是在 13 岁^[15]。说明现有的童鞋长度已经不能满足肥胖儿童的穿着需求,这可能会导致肥胖儿童过早的穿上成人鞋。通过对比我国成年男女以及儿童鞋楦标准发现,成年人与儿童鞋楦存在差异,差异主要表现在围度向及宽度向参数^[16]。围度和宽度是决定鞋类舒适性和合脚性的重要指标。穿着不符合儿童脚型规律的鞋类,会严重影响儿童的足部发育,导致足部疼痛,降低儿童行走安全性。因此,对肥胖儿童脚型发育规律进行研究,制作符合肥胖儿童脚型的专用鞋,有效保护儿童足部健康,是一件迫在眉睫的事情。

2.2 儿童脚型特征结构参数对比分析

图 3~5 是 8~10 岁肥胖及正常儿童脚型结构参数的对比数据。由图中数据可知,随着年龄的增长,肥胖儿童与正常儿童脚型差异逐渐变大,变化主要体现在脚的高度向、宽度向以及围度向。肥胖儿童在 8 岁时,前跖骨突点高度与正常儿童存在显著差异,而随着年龄增加,这一差异消失。有研究表明肥胖儿童中足部位脂肪垫厚度比正常儿童更厚,且足弓高度更低,扁平足患病率高^[17,18],而足弓结构的塌陷会在一定程度上降低前跖骨突点的高度。对负重状态下的脚型研究也证明,在人体负重增加时,中足平均高度存在显著降低^[19]。因此,肥胖儿童与正常儿童前跖骨突点高度显著性差异的消失,有极大的可能是由于肥胖儿童过大的足部负重使足部骨骼结构出现塌陷。但肥胖儿童足弓骨骼结构的变化是否能随体重降低而恢复,还需要进一步的研究。

从肥胖儿童与正常儿童连续三年的脚型结构对比中可以看出,兜跟围长和舟上弯点高度随年龄增加出现显著性差异,到 10 岁时,肥胖儿童所有围度系数都较正常儿童出现显著性差异。Jimenez^[9]等发现,肥胖儿童与正常儿童的脚型遵循不同的生长模式,Morrison^[20]等也提出,在同等脚长下,肥胖儿童脚型更宽、更胖。如表 4 所示,对儿童身高、体重、BMI 与脚长、跖趾围长以及基本宽度进行相关性分析,发现脚长与身高的相关性最高,跖趾围长和基本宽度与体重的相关性最高。因此在一定程度上,肥胖儿童可以通过控制体重增长,

来改善脚型变化。

为避免肥胖导致的脚型变化对儿童足部造成更大的损伤,肥胖儿童需要穿着更加符合其脚型成长特征的鞋子。围长是鞋楦设计的重要指标,跖趾关节是人体行走时发生弯曲的关键部位,鞋楦跖围处理不当会造成跖趾部位的早期破损,跖围过小,鞋会压脚背,兜跟围长过小则会影响鞋类的穿脱。肥胖儿童专用鞋楦的设计除增大楦的围长和码数外,还应随年龄变化而调整,以满足不同年龄肥胖儿童的脚型需求。

3 结论

通过8~10岁肥胖及正常儿童脚型跟踪测量数据可以得出,相同年龄下,肥胖儿童足部各特征部位尺寸显著大于正常儿童,随年龄增加,肥胖儿童与正常儿童足部出现显著差异的特征部位点有所不同。对于肥胖儿童专用鞋的设计,除了对脚长以及围长部分进行增大,还需要根据儿童年龄,对各特征部位点的尺寸进行调整。

本研究可为肥胖儿童专用鞋的设计提供理论及数据支持,并且在一定程度上发现肥胖儿童足部面临的健康问题,为肥胖儿童足部保健提供数据参考。同时,后续研究可增大肥胖儿童脚型样本数,扩大受试者年龄段,以便对肥胖儿童的脚型成长特征有更加清晰、全面的认识。

参考文献:

- [1] 世界卫生组织. 儿童期体重过重和肥胖症 <https://www.who.int/dietphysicalactivity/childhood/zh/>.
- [2] Gorecki G. Shoe related foot problems and public health [J]. JOURNAL OF THE AMERICAN PODIATRY ASSOCIATION, 1978, 68(4): 245-247.
- [3] Richards R. Calluses, corns, and shoes [J]. Semin Dermatol. 1991, 10(2):112 - 4.
- [4] Aiyer A, Hennrikus W. Foot pain in the child and adolescent [J]. Pediatr Clin North Am, 2014, 61(6): 1185-1205.
- [5] Luximon A, Goonetilake R S, Tsui K L. A Fit Metric for Footwear Customization [J]. Proceedings of the 2001 World Congress on Mass Customization and Personalization, 2001.
- [6] Buldt Andrew K, Menz Hylton B. Incorrectly fitted footwear, foot pain and foot disorders: a systematic search and narrative review of the literature [J]. Journal of Foot and Ankle Research, 2018, 11(1).
- [7] Gonzalez E, Cordoba F. Footwear fit in schoolchildren of southern Spain: a population study. BMC MUSCULOSKELETAL DISORDERS[J]. 2019,20(208).
- [8] 韩理琨,弓太生.儿童足底压力、功能鞋垫及童鞋舒适性相关研究进展[J].皮革科学与工程,2019,29(3):36-41.
- [9] Jim é nez-Ormeño Ester, Aguado Xavier, Delgado-Abell á n Laura, et al. Foot morphology in normal-weight, overweight, and obese schoolchildren[J]. European Journal of Pediatrics, 2013, 172(5):645-652.
- [10] Price Carina, Nester Christopher. Foot dimensions and morphology in healthy weight, overweight and obese males [J]. Clinical Biomechanics, 2016, 37:125-130.
- [11] 闫松华,谢楠,刘志成.肥胖儿童平地自然行走时的步态研究[J].中国运动医学杂志,2007,(03):286-290.
- [12] 中国肥胖问题工作组,季成叶.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,(02):10-15.
- [13] Menz Hylton B. Two feet, or one person? Problems associated with statistical analysis of paired data in foot and ankle medicine [J]. The Foot, 2004, 14(1):2-5.
- [14] 丘理.中国人群脚型规律的研究(之二)——中国儿童脚型基本规律[J].中国皮革,2005,(22):135-137.
- [15] Barisch-Fritz B, Plank C, Grau S. Evaluation of the rule-of-thumb: Calculation of the toe allowance for developing feet [J]. Footwear Science, 2016; 8: 119 - 27.
- [16] 轻工业部制鞋工业研究所编写组.中国鞋号与鞋楦设计 [M].北京:轻工业出版社,1988.
- [17] Riddiford-Harland D L, Steele J R, Baur LA. Are the feet of obese children fat or flat Revisiting the debate [J]. Int J Obes (Lond), 2011, 35(1):115-120.
- [18] Pourghasem Mohsen, Kamali Nematollah, Farsi Mehrdad, et al. Prevalence of flatfoot among school students and its relationship with BMI [J]. Acta Orthopaedica et Traumatologica Turcica, 2016, 50(5):554-557.
- [19] 李晓芸,冉诗雅,杨璐铭,等.三种负重状态下青年女性的三维脚型数据对比分析[J].皮革科学与工程,2016,26(05):48-54.
- [20] Morrison Stewart C, McCarthy David, Mahaffey Ryan. Associations Between Obesity and Pediatric Foot Dimensions [J]. JOURNAL OF THE AMERICAN PODIATRIC MEDICAL ASSOCIATION, 2018,108(5): 383-389.