

文章编号: 1671-0444 (2018)02-0225-07

不同压力等级医疗袜下腿部共偶变形分析

刘 艺^a, 王永荣^{a,b}, 刘银星^a, 倪 军^a

(东华大学 a. 服装与艺术设计学院; b. 现代服装设计与技术教育部重点实验室, 上海 200051)

摘要: 为探究不同压力等级下医疗袜对腿部共偶变形的影响, 测量不同压力等级医疗袜的多个姿势中腿部各截面的共偶变形。结果表明: 相比较 1 级压力医疗袜, 2 级和 3 级压力医疗袜对中腿部分的共偶变形作用大; 在足底用力的情况下(微蹲、自然站立、踮脚站立), 足与小腿间的角度为 90° 时, 踝骨围最大; 双脚均着地(自然站立、微蹲、正坐)时, 膝围大小与大腿和小腿夹角呈负相关, 夹角越小, 膝围越大。研究结果可为产品设计师和医师在开发和临床应用医疗袜方面提供参考。

关键词: 医疗袜; 共偶变形; 下腿部; 静脉曲张

中图分类号: TS 941.2 文献标志码: A

Analysis of Lower Limbs Deformation Beneath Medical Stockings of Different Pressure Levels

LIU Yi^a, WANG Yongrong^{a,b}, LIU Yinxing^a, NI Jun^a

(a. Fashion and Art Design Institute; b. Key Laboratory of Clothing Design and Technology, Ministry of Education, Donghua University, Shanghai 200051, China)

Abstract: To explore how medical stockings affect the deformation of lower limbs at different pressure levels, the different cross-sectional deformation of lower limbs beneath the medical stockings of different pressure levels in varied body postures is tested. The results show that compared to pressure level 1 of medical stockings, the deformation of mid-thigh from the pressure level 2 and 3 ones are more obvious. When the planta is under pressure, the ankle circumference reaches its maximum as the angle between feet and calf is 90°. The size of knee circumference is inversely associated with the angle between thigh and calf, and the lower the angle, the larger the knee circumference, especially when tested in the lying position with the knee flexed. The research result can provide the information about development and clinical application of medical stockings for both product designers and doctors.

Key words: medical stockings; deformation; lower limbs; varicose veins

收稿日期: 2016-11-25

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(51505080); 东华大学中央高校自由探索资助项目(16D110708); 上海市大学生创新资助项目(X171071601)

作者简介: 刘 艺(1996—), 女, 河南郑州人, 本科, 研究方向为服装设计与工程, E-mail: 296854235@qq.com
王永荣(1983—), 女, 副教授, E-mail: yrwang@dhu.edu.cn

在现代临床应用中,医疗袜是治疗下肢静脉曲张的重要辅助医疗器械,其能够对静脉曲张起到手术和药物作用以外的治疗效果,并且能显著预防下肢静脉曲张的病发^[1]。其经过科学设计的渐进式压力,由脚踝处向上渐次递减,以收缩小腿肌肉并对血管腔加压,加快血流速度,减少或驱走静脉血在肢体远端的淤滞和积聚,从而通过防止血液向下逆流而改善静脉充血,保护静脉瓣膜,以达到预防及治疗的目的^[2-3]。

压力服装的尺寸若小于人体的净体尺寸,穿着到人体后将产生不同程度的拉伸变形。人体相应部位由于被束缚而产生一定的压缩及形态变化,压力服装在与人体紧密贴合、相互作用中达到一种共同的形变程度,即定义为共偶变形^[4]。医疗袜属于压力服装范畴,其与人体腿部产生的共偶变形不仅与医疗袜的面料性能、结构有关,还与人体形态、解剖学结构以及皮肤和皮下组织的力学性能有关。

人体动作与身体运动所表现出的不同程度的骨骼、肌肉、皮肤变化都会直接影响服装在人体上的附着形态,特别是作为第三运动特征的皮肤会随着人体各部位形变产生不均匀的伸缩,并最终将这些形变传递到服装上。因此,测量计算腿部各部位围度的形变量,从而寻求适应这种变化的医疗袜的形态、结构和面料是医疗袜设计的关键^[5]。对医疗袜结构进行优化并选用适当的面料,能够有效地提高医疗袜的治疗功能和穿着舒适性^[6]。

医疗袜在压力性能方面的研究,主要可以分为三类:一是从面料角度研究医疗袜的压力性能;二是通过人体形变表征医疗袜的压力性能;三是通过生理指标或静脉变化来研究医疗袜的压力性能。在第一类研究中,面料与人体体表接触面的粗糙程度会影响到医疗袜与腿部的相对滑移量,进而会影响医疗袜对人体下肢的压力大小^[7]。医疗袜的面料属于针织面料,从脚踝到大腿,线圈的排列密度逐渐降低,穿着中会产生 38%~72% 的变形^[8]。从面料的张力、剪切刚度和弯曲度等方面分析估测接触压力^[9]。第二类研究中,文献^[10]从表面压强和形变来表征医疗袜人体共偶变形或医疗袜的压力性能,文献^[11]则通过三维人体扫描非接触式法研究医疗袜的压力分布情况。文献^[12]研究发现,医疗袜的

压力与人体下肢表面的曲率呈正相关,且在相对静止状态下穿着相同等级的医疗袜,当拉伸条件相同时,曲率越大,则皮肤表面受到的压力越大。在第三类研究中,针对穿着医疗袜下人体生理指标(如深耳道温度、心率和血压等)的变化进行监测,结果表明,穿着医疗袜时除了心率和血压在不同的压力作用下发生变化,其余指标无明显变化^[13]。

国外对于压力袜的研究始于 20 世纪 90 年代,而国内开始得较晚,直至 2000 年后才出现关于这方面的研究报道,但研究的焦点都主要集中在压力袜的治疗效果上^[14],而对于医疗袜压力分布和压力对腿部皮肤和肌肉变形的研究尚处于起步阶段。本文探究不同等级医疗袜在不同姿势下对腿部不同部位围度变化的影响,将有助于研究医疗袜的压力分布及压力袜对人体皮肤变形的影响,为产品设计师和医师在开发和临床应用医疗袜方面提供参考,为使用者选择合适的医疗袜提供科学依据,还可为紧身类服装的安全和舒适性设计提供理论依据。

1 试 验

1.1 试验测试对象

以 6 名在校女大学生为受测志愿者,标准的腿部测试位置如图 1 所示。志愿者的身高为 155~168 cm,体重为 47~61 kg,其基本信息如表 1 所示。

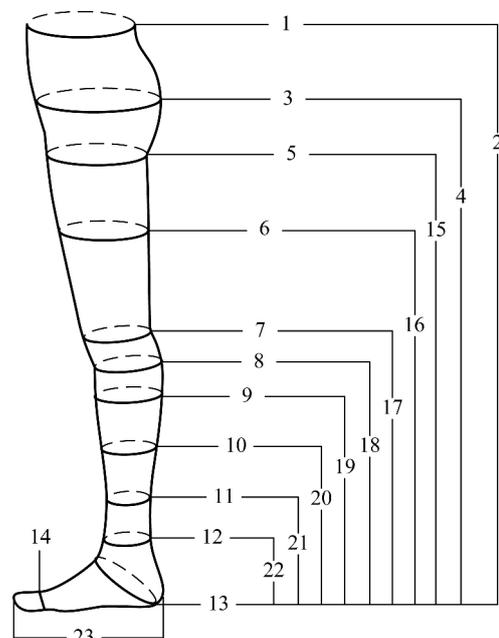


图 1 标准腿部测试位置

Fig. 1 Standard test position of lower limb

表 1 受测志愿者基本信息表
Table 1 Anthropometric parameters of subjects

cm

编号	测试位置	1#	2#	3#	4#	5#	6#	均值	标准差
1	腰围	74.00	70.00	64.50	71.00	67.50	68.00	69.17	2.98
2	腰围高	100.00	94.00	90.00	95.00	103.00	102.00	97.33	4.68
3	臀围	92.00	97.00	81.00	91.50	93.00	88.50	90.50	4.93
4	臀围高	88.00	79.00	83.00	84.00	84.00	85.20	83.87	2.69
5	腿根围	55.50	60.50	51.00	54.70	53.00	54.00	54.78	2.92
6	中腿围	46.00	51.50	45.20	49.20	47.00	47.50	47.73	2.10
7	膝围	37.00	39.60	34.00	36.70	37.00	37.50	36.97	1.64
8	膝下围	31.50	34.80	29.50	33.40	34.00	32.00	32.53	1.76
9	小腿肚围	32.50	37.00	33.00	35.40	36.00	32.60	34.42	1.79
10	腿肚下围	28.00	32.00	30.40	32.00	34.00	28.40	30.80	2.12
11	踝骨围	20.50	22.00	19.90	22.50	23.50	20.00	21.40	1.35
12	距骨围	25.50	25.80	21.00	25.00	26.50	24.00	24.63	1.80
13	脚后跟围	30.00	30.00	29.00	29.50	32.50	29.00	30.00	1.19
14	脚趾围	21.50	22.00	22.50	22.50	22.80	21.30	22.10	0.55
15	腿根高	78.00	74.00	72.50	74.00	73.00	76.50	74.67	1.95
16	中腿高	63.50	58.00	57.50	59.50	59.00	62.00	59.92	2.15
17	膝高	48.50	44.00	43.50	45.50	44.50	46.00	45.33	1.65
18	膝下高	42.00	38.90	38.70	39.50	40.00	41.00	40.02	1.17
19	小腿肚高	32.00	31.50	29.50	30.00	30.80	27.50	30.22	1.48
20	腿肚下高	26.00	25.00	23.50	23.00	26.00	22.50	24.33	1.40
21	踝骨高	11.50	12.00	10.00	11.00	10.00	10.50	10.83	0.75
22	距骨高	5.40	6.80	6.00	6.00	6.50	6.00	6.12	0.44
23	脚长	24.50	23.00	23.00	23.00	24.00	22.50	23.33	0.69

1.2 试验用医疗袜

本文试验选取医院推荐的常用医疗袜品牌

VARISAN, 其为防滑型医疗袜, 共分为 3 个压力等级, 基本信息如表 2 所示。

表 2 医疗袜基本信息表
Table 2 Basic information of medical stockings

压力等级	脚踝压力/ Pa	纤维质量分数/%		厚度/mm			拉伸强度/(N·cm ⁻²)			治疗范围
		弹性纤维	尼龙	脚踝	小腿	大腿	脚踝	小腿	大腿	
1	2 400~2 800	25	75	0.79	0.81	0.85	0.53	0.44	0.43	静脉曲张、怀孕期间和妊娠后的静脉曲张、初期静脉水肿、网状静脉曲张
2	3 066~4 266	30	70	0.73	0.79	0.85	0.71	0.56	0.55	浅静脉血栓、急性深静脉血栓、淋巴水肿、预防深静脉血栓后综合症
3	4 533~6 133	35	65	0.73	0.74	0.83	0.93	0.74	0.68	深静脉瓣膜功能不全, 预防溃疡复发、淋巴水肿、带有皮肤组织严重疼痛的深静脉血栓后综合症

1.3 测试方案

人体的姿势变化和运动会使得某些部位发生变形和移位,导致局部受压也发生变化^[6]。此外,研究分析运动姿势以及在各种姿势下身体皮肤的变形是设计具有良好适体性功能服装的必要前提^[8]。因

此,穿着医疗袜时不同姿势下腿部的形变程度是本次试验探究的重点。本文选取日常生活中的 11 个常用姿势作为代表,测试志愿者穿着不同压力等级医疗袜时在这 11 个姿势下腿部不同位置的围度尺寸变化。腿部测试姿势以及姿势标准如表 3 所示^[9]。

表 3 腿部测试姿势及姿势标准
Table 3 Schematic illustration of different body postures

编号	姿势图	姿势标准	编号	姿势图	姿势标准
1		自然站立 脚间距为两脚宽	7		微蹲 下蹲至大腿小腿夹角为 120° , 双脚间距一个脚长
2		正坐 大腿与小腿夹角为 90° , 双腿间距一个脚长	8		静卧屈膝 臀部与脚后跟相距两个脚长, 两脚并拢
3		踮脚站立 脚面绷直与腿面水平, 两脚并拢	9		自然步行 右脚踏起,重心在左脚,左脚脚后 跟距右脚脚尖一个脚长
4		自然步行 左脚踏起,重心在右脚, 右脚脚后跟距左脚脚尖 半个脚长	10		伸腿坐姿 腿伸直与地面 45° 夹角, 两脚并拢
5		静卧 腿自然伸直平放,后脚抬起 7 cm,两脚间距一个脚长	11		弯腰站立 上身与下肢成 90° 夹角, 双脚并拢
6		俯卧 腿伸直,脚尖撑起, 脚间距一个脚长			

每名志愿者随机穿着 3 个压力等级的医疗袜,测量每名志愿者裸腿以及穿着 3 个不同等级的医疗袜的情况下 11 个姿势、6 个测量位置的围度尺寸。

2 结果与分析

2 级医疗袜下不同腿部位置在不同姿势下的围度变化如图 2 所示。由图 2 可知:当受测志愿者穿

着 2 级医疗袜时,不同姿势中膝围的波动最大,其在静卧屈膝时最大;膝下围在踮脚站立时最大,正坐(即大腿与小腿的夹角为 90°)时最小;小腿肚围静卧屈膝时最大,俯卧时最小;中腿围、腿肚下围、踝骨围在不同姿势下没有明显波动。

中腿围在不同姿势和不同压力等级医疗袜下的变化如图 3 所示。由图 3 可以看出,在所有姿势下,中腿围均在 1 级压力医疗袜下最大,在 2 级和 3 级压力医疗袜下比较相近,由此说明相比较于 2 级、3 级压力医疗袜,1 级压力医疗袜对中腿部位的共偶变形作用小。在大部分姿势下,中腿围在 2

级压力医疗袜下大于 3 级压力医疗袜,但是,在自然站立、右脚踏起、左脚踏起和弯腰站立姿势中,中腿围在 3 级压力医疗袜下比穿着 2 级压力医疗袜时反而稍大,说明医疗袜的压力等级大到一定程度,对中腿部分的共偶变形作用不明显。出现中腿围在 1 级压力医疗袜下比裸腿情况下还要大的原因可能有 3 个方面:(1)1 级压力医疗袜的厚度对围度的影响大于医疗袜的压力对中腿部共偶变形的影响;(2)受测志愿者穿着医疗袜方式的差异;(3)受测志愿者在穿着时向上拉拽医疗袜导致脂肪向上堆积。

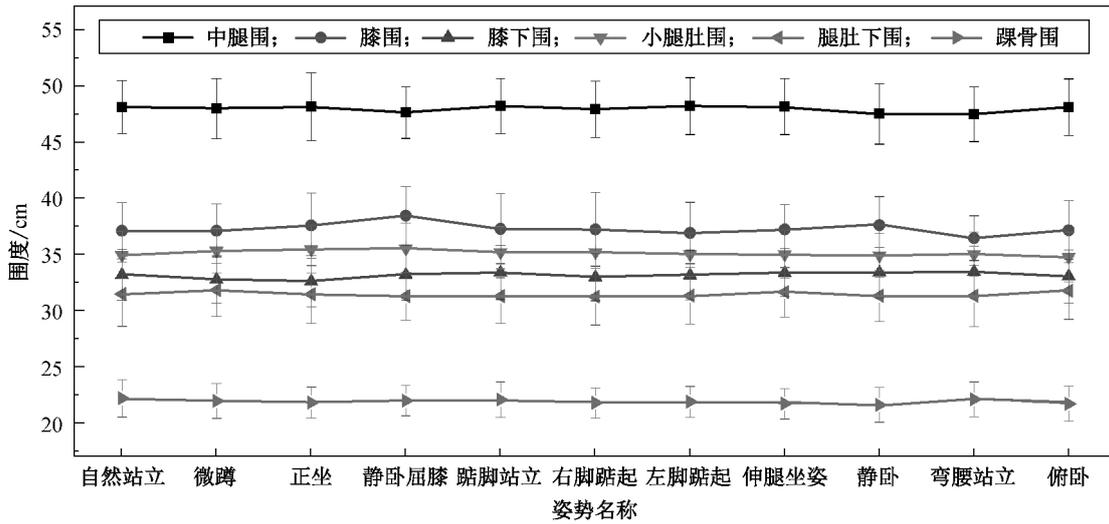


图 2 2 级医疗袜下不同腿部位在不同姿势下的围度变化

Fig. 2 Circumferences of different sections along lower limbs comparisons beneath secondary medical stockings in different body postures

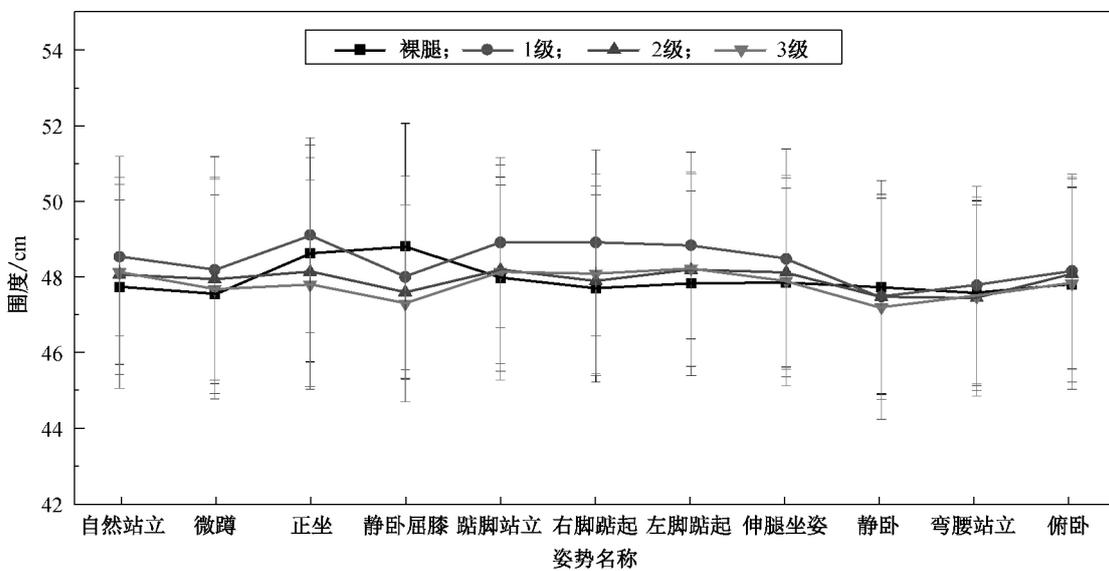


图 3 中腿围在不同姿势和不同等级医疗袜下的变化

Fig. 3 Medial thigh circumference comparisons beneath different pressure levels in different body postures

小腿肚围在不同姿势和不同压力等级医疗袜下的变化如图 4 所示。从图 4 可以看出:在大部分姿势下(除自然站立、伸腿坐姿及弯腰站立外),小腿肚围在 2 级压力医疗袜下最大;在静卧屈膝和静卧时,不同等级压力医疗袜下小腿肚围差异最大,表现为 1 级压力医疗袜下最小,2 级压力医疗袜下最大。

踝骨围在不同姿势和不同压力等级医疗袜下的变化如图 5 所示。从图 5 可以看出,在足底用力(微蹲、自然站立、踮脚站立)的情况下,足与小腿间的角度为 90°即自然站立时,在穿着同等级医疗袜下,踝骨围最大。踝关节由距小腿关节和距下关节两个独

立的关节组成,连接小腿与足部。距小腿关节由腓骨和胫骨下端与距骨的关节组成,胫骨和腓骨下端形成关节窝,以容纳一个特殊的结构—距骨滑车^[10]。由于滑车关节面前宽后窄,当足背屈时,较宽的前部进入窝内,关节稳定;但在跖屈(足尖下垂,足背向小腿前面远离为踝关节的屈,亦称跖屈)时,如走下坡路时滑车较窄的后部进入窝内,踝关节松动且能作侧方运动。由于脚踝处相较于其他部位脂肪较少,基本由骨骼构成,所以医疗袜对其共偶变形的作用微乎其微,因此医疗袜的厚度和姿势的变化对踝骨围的大小起主导作用。

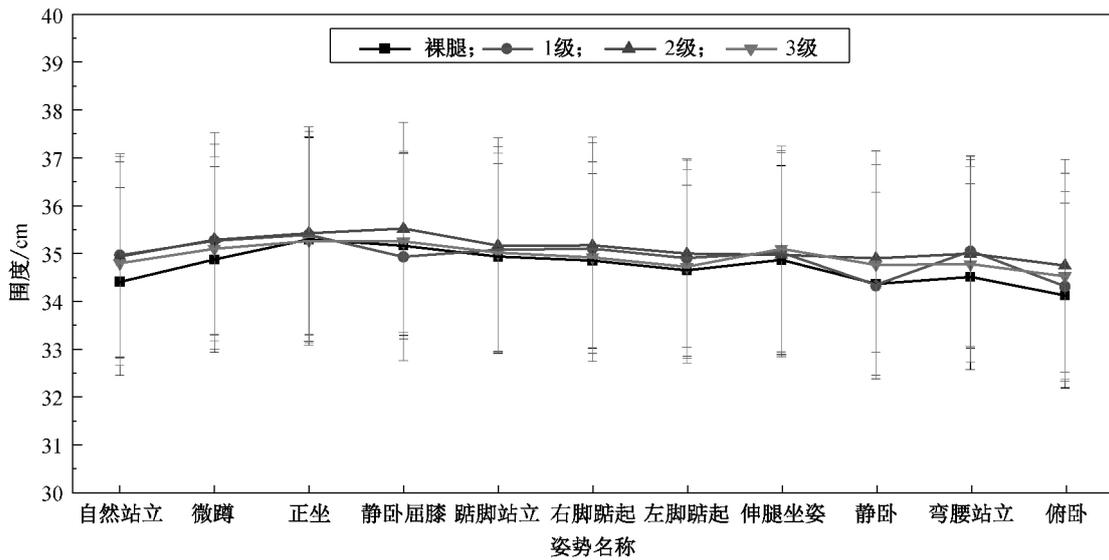


图 4 小腿肚围在不同姿势和不同压力等级医疗袜下的变化

Fig. 4 Calf circumference comparisons beneath different pressure levels in different body postures

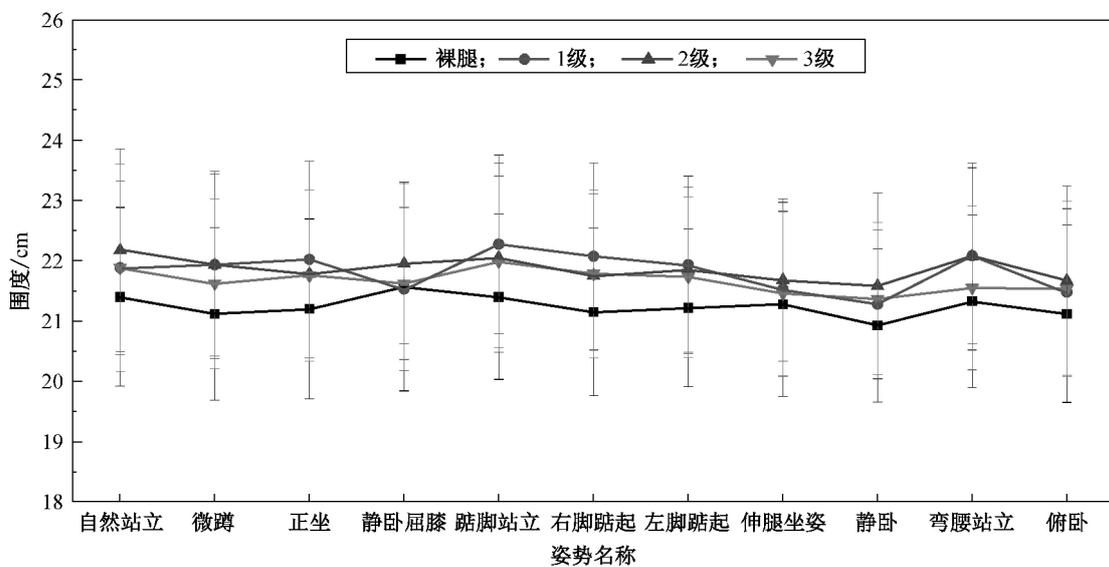


图 5 踝骨围在不同姿势和不同压力等级医疗袜下的变化

Fig. 5 Ankle circumference comparisons beneath different pressure levels in different body postures

膝围在不同姿势和不同压力等级医疗袜下的变化如图 6 所示。由图 6 可知,在同等级压力袜下,均有膝围在自然站立时最小,微蹲时次之,正坐时最大。由此可得,双脚均完全着地(自然站立、微蹲、正

坐)时,膝围大小与大腿和小腿夹角呈负相关,即夹角越小,膝围越大。膝关节同踝关节类似,基本由骨骼构成,所以医疗袜对其共偶变形的作用很小,医疗袜的厚度和姿势的变化对膝围的大小起主导作用。

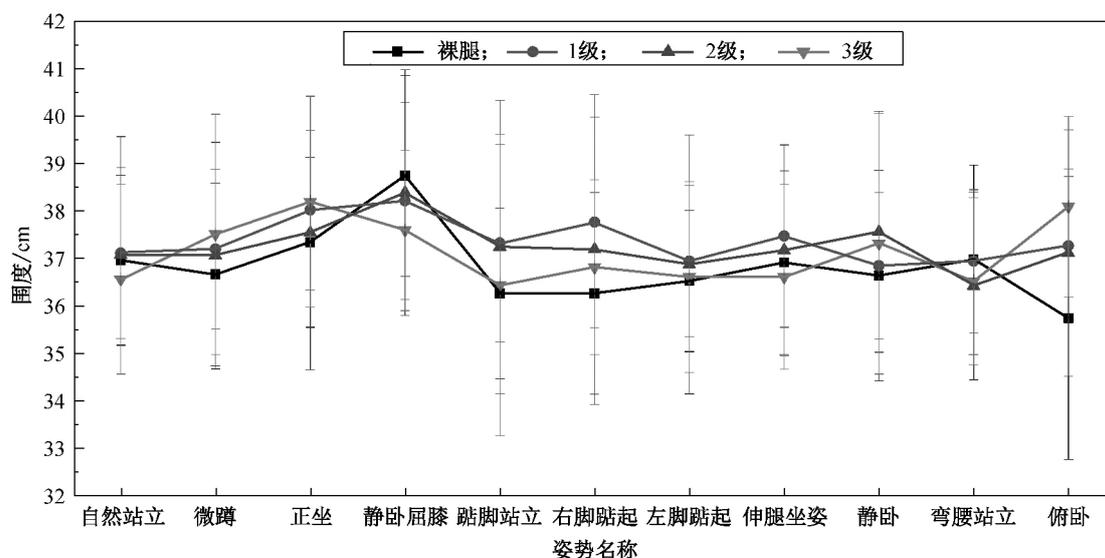


图 6 膝围在不同姿势和不同压力等级医疗袜下的变化

Fig. 6 Knee circumference comparisons beneath different pressure levels in different body postures

3 结 语

本文通过对腿部不同位置在不同姿势和不同压力等级医疗袜下围度变化的探究,结果表明:2级和3级压力医疗袜相对1级压力医疗袜对中腿部分共偶变形作用明显增大;在足底用力的情况下(微蹲、自然站立、踮脚站立),足与小腿间的角度为 90° 即自然站立时,踝骨围越大;双脚均完全着地(自然站立、微蹲、正坐)时,膝围大小与大腿和小腿夹角呈负相关,即夹角越小,膝围越大。此次试验在不同姿势下皮肤形变的基础上分析医疗袜下腿部的共偶变形,可为产品设计师和医师在开发和应用舒适的功能性的医疗袜提供参考,还可为紧身类服装的安全和舒适性设计提供理论依据。

参 考 文 献

- [1] 李新阳. 保健压力袜工艺与压力分布的研究[D]. 杭州:浙江理工大学材料与纺织学院,2015.
- [2] 张斯雯,王文祖. 抗压力袜的性能测试分析与试织[J]. 东华大学学报(自然科学版),2011,37(1): 46-50.
- [3] 王永荣,李嘉怡,金枝,等. 不同路况中骑行者皮肤变形分析[J]. 纺织学报,2016,37(9): 117-122.
- [4] 东华大学. 基于非接触式人体扫描的压力服装与人体共偶变形算法:104537183A[P]. 2015-04-22.
- [5] 罗兰,王建萍. 基于人体动作捕捉的骑行运动腿部皮肤形变研

- 究[J]. 浙江纺织服装职业技术学院学报,2014,13(4): 39-43.
- [6] 高雪梅. 女子贴体瑜伽运动裤结构的研究与优化设计[D]. 上海:东华大学服装与艺术设计学院,2012.
- [7] European Committee for Standardization (CEN). Non-active Medical Devices. Working Group 2 EVN12718; European Prestandard "Medical Compression Hosiery." CEN TC 205. Brussels; CEN,2001.
- [8] 王永荣,秦洁云,王敏,等. 压力医疗袜的压力性能测试与评价[J]. 东华大学学报(自然科学版),2015,41(1): 48-52.
- [9] 王智,李红. 压力袜理论计算分析[J]. 国际纺织导报,2012,(12): 38-43.
- [10] 朱力魁. 压力袜的压力性能测试与评价[D]. 上海:东华大学服装与艺术设计学院,2014.
- [11] 东华大学. 一种基于非接触式三维人体扫描的服装压力分布预测方法:104376172A [P]. 2015-02-25.
- [12] HAFNER J, BOTONAKIS I, BURG G. A comparison of multilayer bandage systems during rest, exercise, and over 2 days of wear time [J]. Arch Dermatol 2000,136(7): 857-863.
- [13] LIU R, T. LAO, KWOK Y. L, et al. Effects of compression legwear on body temperature, heart rate, and blood pressure following prolonged standing and sitting in women[J]. Fibers and Polymers,2010,11(1): 111-125.
- [14] 周伏平. 着装压迫下的生理反应研究[D]. 苏州:苏州大学纺织与服装工程学院,2009.

(责任编辑:杜 佳)