

女性生理内裤优化设计与压力舒适性评价

季云慧^{1,2}, 张玮^{1,2}, 傅海洪^{1,2}, 葛彦^{1,2}

(1.南通大学 纺织服装学院, 江苏 南通 226019;

2.安全防护用特种纤维复合材料研发国家地方联合工程研究中心, 江苏 南通 226019)

摘要:以市售女性三角款生理内裤为基础进行优化设计,选取10名体态正常、穿着165/72A号型内裤的在校女大学生进行着装试验。使用柔性薄膜压力传感器测试系统测得受试者在站立、坐直、全蹲这三种日常姿势下各部位的压力值,并进行主观压力舒适性评价,采用CLO 3D软件进行内裤虚拟试穿以及压力分布模拟,通过主观评价、客观压力测试以及CLO 3D压力模拟验证生理内裤优化效果。通过SPSS软件进行主客观评价数据分析与模型建立,探究影响生理内裤穿着舒适性的关键因素。结果表明:优化后的生理内裤主观舒适度评分更高,内裤对下体的压力分布均匀,整体穿着舒适感更佳。

关键词:女青年;生理内裤;优化设计;压力舒适性;主观评价;虚拟试穿

中图分类号:TS 941.713

文献标志码:A

文章编号:1000-4033(2024)10-0070-06

Optimal Design and Pressure Comfort Evaluation of Women's Physiological Underpants

Ji Yunhui^{1,2}, Zhang Wei^{1,2}, Fu Haihong^{1,2}, Ge Yan^{1,2}

(1.School of Textile and Clothing, Nantong University, Nantong, Jiangsu 226019, China;

2.National & Local Joint Engineering Research Center of Technical Fiber Composites for Safety and Protection, Nantong, Jiangsu 226019, China)

Abstract:Based on the optimized design of women's triangular physiological underpants, 10 female college students with normal posture and wearing 165/72A underpants were selected for trial wearing experiments. The pressure values of various parts of the subjects in three daily postures of standing, sitting straight and squatting were measured using flexible film pressure sensor testing system, and subjective pressure comfort evaluation was conducted. CLO 3D software was used for virtual fitting and pressure distribution simulation of underpants, verifying the optimization effect of physiological underpants through subjective evaluation, objective pressure testing and CLO 3D pressure simulation. Through data analysis and model establishment of subjective and objective evaluations by using software SPSS, the key factors affecting the comfort of physiological underpants were further explored. The results show that the optimized physiological underpants have a higher subjective comfort score, uniform pressure distribution, and the overall wearing comfort is better.

Key words:Young Female; Physiological Underpants; Optimal Design; Pressure Comfort; Subjective Evaluation; Virtual Trial Wearing

随着生活品质提高和纺织服装技术发展,女性对贴身穿着内衣的安全性、功能性需求越来越高,

尤其关注特殊时期的健康和舒适。女性生理期的身心健康与所穿内裤的舒适度有着密切关系,许多学

者围绕生理期内裤市场、结构和功能设计开展研究^[1-4]。内裤作为贴身衣物,真人着装试验存在不便和人

基金项目:江苏省大学生创新训练计划项目(202210304116Y)。

获奖情况:“2023 全国纺织服装时尚与科技创新大会”优秀论文。

作者简介:季云慧(1998—),女,硕士研究生。主要从事功能纺织品与服装的研究。

通讯作者:葛彦(1981—),女,教授,硕士生导师,博士。E-mail:geyan@ntu.edu.cn。

数限制。近年来,CLO 3D等虚拟服装试穿软件逐渐进入大众视野,可设定所需参数后模拟真人试穿效果和虚拟压力分布,为文胸、内裤等贴身衣物的研究提供帮助^[5-6]。

目前,市售生理内裤产品比较单一,目标消费群体的针对性不强,无法满足不同层次女性消费者的生理和心理差异化要求,因此有必要针对特定女性群体的生理期心理及生理需求设计生理内裤,进一步提升生理内裤的穿着舒适性。本文以市面畅销的生理内裤为基础进行优化设计,通过真人着装试验与CLO 3D虚拟试穿,以主观评分与服装压力分布状态来评价优化后生理内裤的试穿效果与压力舒适性,为女性消费者选购生理内裤及内衣企业设计开发功能性产品提供指导和理论参考。

1 试验设计

1.1 样裤设计与制作

以165/72A号型三角裤为基础,针对前期问卷调查结果:女青年对生理内裤存在着收腹提臀、防止侧漏与夹裆、减少勒腿的穿着需求^[7],从结构角度选择抬高腰线使前后中长、侧缝长和裆片长增加,提高内裤包覆腰腹部面积;依据日常一般卫生巾的宽度适当增加前后裆宽,提高卫生巾与内裤裆底的贴合度和匹配度,有助于减少夹裆和裆部边缘侧漏情况;适度加大裤口前片弧度凹进量,提高整体裤口边缘的弧度和裤口与大腿的曲面配合度,减少裤口边缘与大腿皮肤的摩擦和挤压,提升穿着舒适度。优化前后样裤各部位尺寸见表1,样裤款式与结构如图1、图2所示。

采用弹性适中、柔软亲肤、吸湿透气的杏色针织面料(95%棉、5%氨纶)为主体面料,纯棉与TPU覆膜防水复合面料作为裆片里料,裆部

表1 优化前后样裤各部位尺寸

部位	优化前尺寸/cm	优化后尺寸/cm
前腰围	25.00	25.00
后腰围	27.00	27.00
前臀围	31.50	31.50
后臀围	36.00	36.00
前中长	17.75	21.75
后中长	32.50	36.50
前裆宽	5.50	6.50
后裆宽	7.00	8.00
侧缝长	14.75	18.75
裤口前片弧度凹进量	3.00	4.00
裆片长	32.50	36.50
裆片宽	18.00	18.00

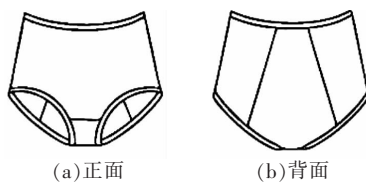


图1 样裤款式图

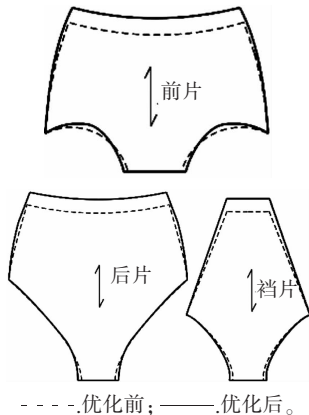


图2 样裤结构图

为面料、里料双层,裤腰、裤脚口采用松紧绳边工艺。图3为优化后样裤实物图。



图3 优化后样裤实物图

1.2 试验对象

选取10名体态正常、穿着165/72A号型内裤的在校女大学生

进行穿着试验,年龄在 (23.1 ± 1.3) 岁,身高 (161.10 ± 2.20) cm,体质量 (51.00 ± 2.20) kg,腰围 (68.80 ± 1.60) cm,臀围 (89.90 ± 2.60) cm,大腿围 (50.50 ± 2.10) cm。

1.3 试验仪器

采用如图4所示的美国Flexiforce柔性薄膜压力传感器(Sensor A201)测试系统,Flexiforce压力传感器厚度小、韧性好,适用于服装压力测量,具有良好的可操作性^[8]。

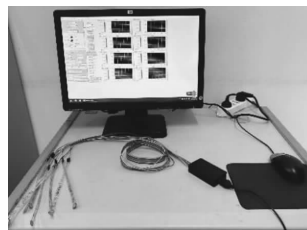


图4 柔性薄膜压力传感器测试系统

1.4 试验条件

在室温 (25 ± 1) ℃、相对湿度为 $(65\pm 5)\%$ 的恒温恒湿条件下,模拟女性生理期放置卫生巾(花王乐而雅日用型250 mm)状态,分别在如图5所示的站立、坐直、全蹲这3种日常姿势下进行着装试验。

1.5 试验方法

1.5.1 主观舒适性评价

本试验主观压力舒适性评价采用Hollies 5级心理学标尺法^[9],穿着舒适度分为5级:很不舒适、不舒适、舒适度一般、舒适、很舒适。每位受试者依次对所穿样裤在腰部、大腿部、裆部、臀部这4个主要部位以及整体的舒适度进行主观评分,得分越高,说明舒适度越佳。

1.5.2 客观压力测试

依据女性下体曲面结构特征,确定如图6所示8个压力测试点,即A—H点。A、B点为前腰中心和侧腰点,对应人体腰部;C、D、H点为侧缝下点、裤口前中点、裤口后中点,对应大腿部;E、F点为裆侧点和裆底点,对应裆部;G点为臀

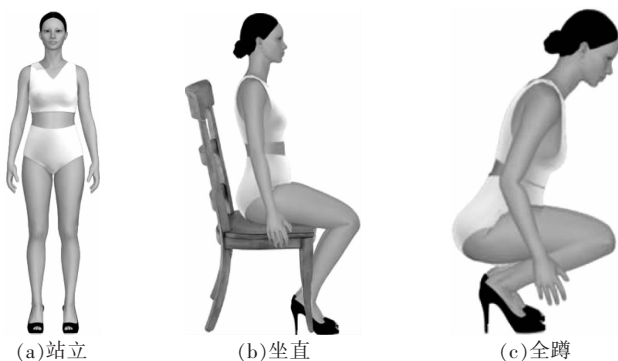


图 5 着装试验人体姿势示意图

凸点,对应臀部。采用薄膜压力传感器测试系统分别测试受试者穿着优化前后两款样裤在站立、坐直与全蹲姿势下各测试点的压力值。

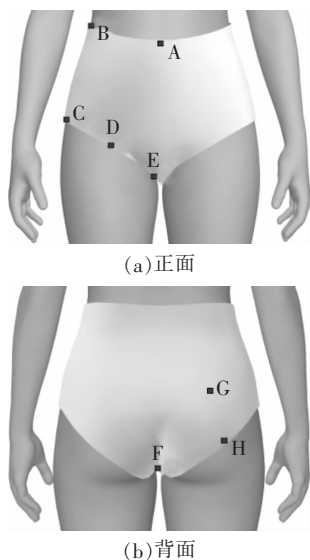


图 6 压力测试点示意图

1.5.3 CLO 3D 虚拟压力测试

按照试验对象的体型和姿势在 CLO 3D 软件中设置虚拟模特的人体数据和站立、坐直、全蹲 3 种姿势;内裤采用棉氨材质的面料,软件显示的面料物理属性参数见表 2。将优化前后的生理内裤纸样导入 CLO 3D 软件中进行虚拟缝合,展示虚拟模特的试穿效果,并打开压力分布工具,显示试衣状态时的服装虚拟压力分布情况。

2 结果与分析

2.1 主观舒适性

运用 SPSS 均值分析法对比受

表 2 虚拟试穿面料物理属性参数

指标		参数
厚度/mm		0.430 4
密度		27
摩擦系数		3
变形率		80
变形强度		80
对角线张力		9
强度	纬纱	27
	经纱	27
弯曲强度	纬纱	10
	经纱	20
	斜纱	11

试者穿着优化前后生理内裤的主观压力舒适感,结果如图 7 所示,并采用 F 检验验证差异的显著性,见表 3。

由表 3 可知,3 种姿势下受试者穿着优化前后生理内裤在整体主观舒适感上均存在显著性差异($p<0.050$)。站立时,腰部、大腿部、裆部和臀部的主观舒适感均存在显著差异;坐直时,腰部、裆部的主观舒适感存在显著差异($p<0.050$);全蹲时,大腿部、臀部的主观舒适感存在显著差异($p<0.050$)。优化后生理内裤各部位和整体主观舒适度评分均值都有所提高,多数达到 4 分及以上,关键部位和整体舒适感更佳,普遍得到穿着者的认可。

2.2 客观压力分布

运用 SPSS 均值分析法对比受试者分别穿着优化前后生理内裤时的压力大小和分布情况,结果如

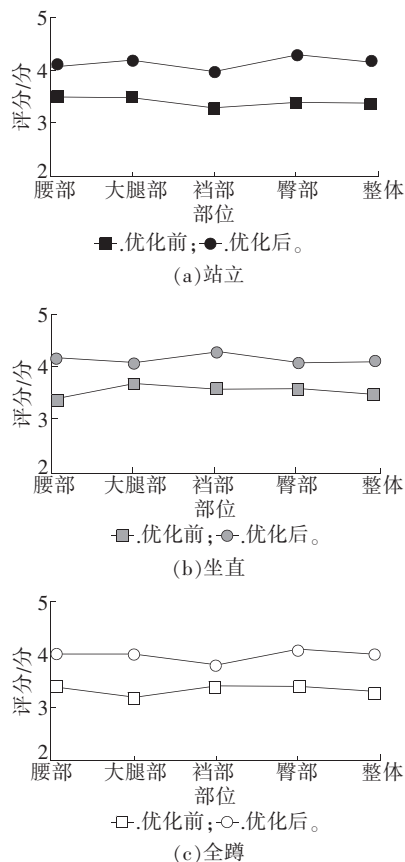


图 7 优化前后生理内裤主观舒适性评分对比

表 3 主观舒适性 F 值检验结果

部位	站立	坐直	全蹲
腰部	6.000*	7.200*	3.857
大腿部	7.230*	2.057	10.286*
裆部	7.230*	6.785*	2.400
臀部	16.200***	2.419	6.041*
整体	14.400***	6.000*	7.230*

注:***表示相关系数在 0.001 水平下显著;*表示相关系数在 0.050 水平下显著。

图 8 所示,并采用 F 检验验证差异的显著性,见表 4。

由图 8 和表 4 可知,优化前后生理内裤各点压力大小和压力分布有所变化,尤其是腰部 A 点的压力值均存在显著差异($p<0.050$)。站立时女性下体皮肤表面变形小,肌肉状态自然;坐直与全蹲时腰部、大腿部、裆部、臀部都产生皮肤褶皱,肌肉受挤压。3 种姿势下,相对于优化前的生理内裤,受试者穿着

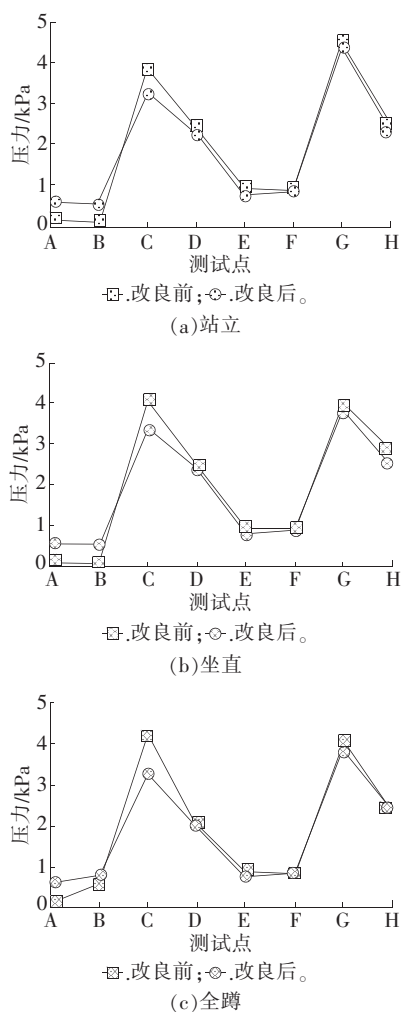


图8 优化前后生理内裤客观压力分布对比

表4 客观压力 F 值检验结果

测试点	站立	坐直	全蹲
A	5.216*	6.431*	6.031*
B	12.404**	14.600***	0.555
C	1.765	2.751	2.944
D	0.390	0.056	0.004
E	0.435	0.468	0.266
F	0.010	0.027	0.002
G	0.033	0.098	0.093
H	0.128	1.443	0.003

注: ***表示相关系数在 0.001 水平下显著; **表示相关系数在 0.010 水平下显著; *表示相关系数在 0.050 水平下显著。

优化后的生理内裤腰部 A、B 点的服装压有所提升,说明增高腰线赋予腰部一定压力,达到束腰收腹效果;大腿部 C、D、H 点的压力有所减

小,其中 C 点压力值减小得更明显,由此可见,裤口弧度凹进量增加可减小裤口边缘对大腿部的束缚与摩擦,使裤口与大腿部配合度更好,压力分布更分散、合理,让穿着者不同姿势都能有良好的穿着舒适度;裆部 E、F 点压力略微减小,在一定程度上可缓解夹裆的不舒适感;臀部 G 点压力略降低,减缓内裤对臀部凸点的集中压迫,给予穿着者在日常姿势下更佳舒适度。

2.3 虚拟试穿压力

如图 9 所示,使用 CLO 3D 软件进行内裤样片的虚拟缝合。优化前后生理内裤的虚拟试穿效果和虚拟压力分布如图 10 所示。

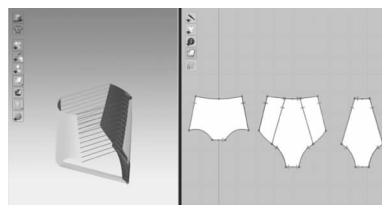


图9 虚拟缝合

从穿着效果来看,优化后的生理内裤腰高显著增加,提升了腰部的包覆面积,对腰腹部起到了收紧的效果。CLO 3D 软件中服装表面

的压力值用颜色标示,压力随着从红色到蓝色而减小,红色部分为压力最大的地方,蓝色部分为压力最小的地方^[10]。从服装压来看,优化前后两款生理内裤在 3 种姿势下虚拟试穿压力图呈现明显的差异:优化前的生理内裤压力分布图中红色区域多,尤其是大腿部 C 点、D 点和裆部 E 点区域的服装压较大,带来的下体压迫感较为明显;优化后的生理内裤在腰部和臀部的压力分布略有变化,在大腿部、裆部的压力有所减小,分散了内裤边缘对裆部 E 点及大腿部 C、D 点区域的挤压,压力分布红色区域减少,整体呈现蓝绿色,压力分布较均匀,舒适感提升。通过 CLO 3D 虚拟试穿压力分布特征图的对比,可直观地看出优化后的生理内裤压力分布更均衡,特别是大腿部、裆部的压力有所下降,服装压分布更加合理,相应穿着舒适度也会明显提高。

2.4 压力舒适性评价模型

通过对比发现,优化后的生理内裤主观压力舒适性和压力分布均衡度明显提高,更符合女性生理

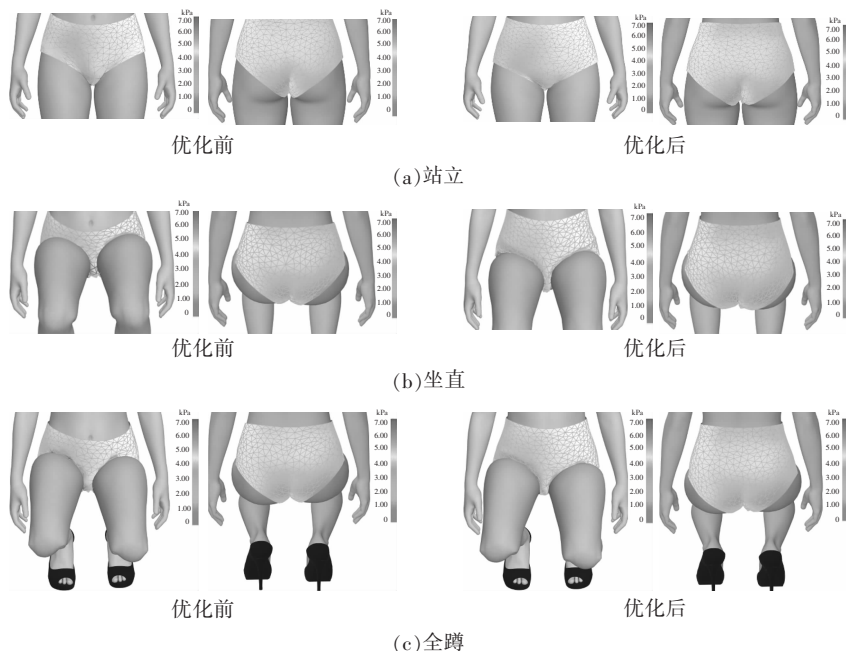


图10 CLO 3D 虚拟试穿效果及压力分布对比

期穿着的需求,从而建立优化后生理内裤的压力舒适性评价模型。

2.4.1 主观评价模型

为进一步确定影响生理内裤主观压力舒适性的关键部位舒适性指标,采用 SPSS 统计软件进行逐步回归分析,建立不同姿势下生理内裤主观压力舒适性与主要部位主观压力舒适性的关系模型,结果见表 5—表 7。

由表 5—表 7 可知,不同姿势下,生理内裤的整体主观压力舒适性受不同部位主观压力舒适性的显著影响。站立和坐直时,腰部、臀部、裆部的主观压力舒适性显著影响整体舒适性($p<0.050$);全蹲时,人体屈曲引起臀部和裆部皮肤伸缩变化,臀部、裆部主观压力舒适性显著影响整体舒适性($p<0.050$)。

由表 6 可知,3 种姿势下建立的主观压力舒适性的主观评价回归方程都非常显著。由表 7 可知,站姿、坐姿和蹲姿的整体主观压力舒适性的主观评价模型如下。站立: $X_1=0.418I+0.312K+0.267L+0.043$;坐直: $Y_1=0.354L+0.267I+0.286K+0.293$;全蹲: $Z_1=0.608L+0.465K-0.303$ 。其中, X_1 、 Y_1 、 Z_1 分别表示站姿、坐姿、蹲姿的整体主观压力舒适性评分; I 、 J 、 K 、 L 分别表示腰部、大腿部、裆部和臀部的主观压力舒适性评分。

2.4.2 客观评价模型

生理内裤在不同部位形成的服装压会影响人体的穿着舒适感。采用 SPSS 逐步线性回归分析找出影响整体主观压力舒适性的关键压力测试点,分别建立穿着生理内裤在站立、坐直和全蹲时的主观压力舒适性与关键部位客观压力指标的关系模型,结果见表 8—表 10。

由表 8—表 10 可知,在不同姿势下,生理内裤的整体主观压力舒

表 5 主观压力舒适性主观评价模型

姿势	R	R^2	调整 R^2	标准估计的误差
站立	0.940	0.884	0.862	0.228 85
坐直	0.949	0.901	0.882	0.211 30
全蹲	0.961	0.924	0.915	0.196 10

表 6 主观压力舒适性主观评价方差分析

模型		平方和	自由度	均方	F	Sig.
站立	回归	6.362	3	2.121	40.493***	0
	残差	0.838	16	0.052	—	—
	总计	7.200	19	—	—	—
坐直	回归	6.486	3	2.162	48.419***	0
	残差	0.714	16	0.045	—	—
	总计	7.200	19	—	—	—
全蹲	回归	7.896	2	3.948	102.666***	0
	残差	0.654	17	0.038	—	—
	总计	8.550	19	—	—	—

注:***表示相关系数在 0.001 水平下显著。

表 7 主观压力舒适性与主要部位主观压力舒适性的回归分析

模型		非标准化系数	非标准化系数标准误差	标准系数	t	Sig.
站立	常量	0.043	0.347	—	0.125	0.902
	腰部舒适性	0.418	0.132	0.418	3.172	0.006
	裆部舒适性	0.312	0.122	0.340	2.558	0.021
	臀部舒适性	0.267	0.118	0.291	2.269	0.037
坐直	常量	0.293	0.298	—	0.985	0.339
	臀部舒适性	0.354	0.094	0.428	3.768	0.002
	腰部舒适性	0.267	0.088	0.333	3.034	0.008
	裆部舒适性	0.286	0.112	0.319	2.552	0.021
全蹲	常量	-0.303	0.288	—	-1.051	0.308
	臀部舒适性	0.608	0.080	0.649	7.638	0
	裆部舒适性	0.465	0.095	0.415	4.879	0

表 8 主观压力舒适性客观评价模型

姿势	R	R^2	调整 R^2	标准估计的误差
站立	0.920	0.847	0.818	0.262 30
坐直	0.970	0.941	0.924	0.145 03
全蹲	0.978	0.956	0.935	0.123 50

适性受不同测试点压力值的显著影响。站立时,B、G、A点压力值显著影响整体压力舒适性($p<0.050$);坐直时,B、G点压力值显著影响整体压力舒适性($p<0.050$),这两种姿势下主要是腰部和臀部的压力大小影响舒适感;全蹲时,臀部 G 点和大腿部 H、C 点压力值显著影响整体压力舒适性($p<0.050$)。

由表 10 可知,3 种姿势下建立

的主观压力舒适性的客观评价回归方程都非常显著。站姿、坐姿和蹲姿下生理内裤的整体主观压力舒适性的客观评价模型如下。站立: $X_1=0.968B_1+0.221G_1+0.559A_1+2.256$;坐直: $Y_1=23.466B_1+0.306G_1+0.846$;全蹲: $Z_1=0.140G_1+0.177H_1+0.093C_1+1.922$ 。其中, X_1 、 Y_1 、 Z_1 分别表示站姿、坐姿、蹲姿下的整体主观压力舒适性评分; A_1 、 B_1 、 C_1 、 G_1 、 H_1

表9 主观压力舒适性客观评价方差分析

模型		平方和	自由度	均方	<i>F</i>	Sig.
站立	回归	6.099	3	2.033	29.550 ***	0
	残差	1.101	16	0.069	—	—
	总计	7.200	19	—	—	—
坐直	回归	2.353	2	1.176	55.929 ***	0
	残差	0.147	7	0.021	—	—
	总计	2.500	9	—	—	—
全蹲	回归	2.008	3	0.669	43.892 ***	0
	残差	0.092	6	0.015	—	—
	总计	2.100	9	—	—	—

注:***表示相关系数在0.001水平下显著。

表10 主观压力舒适性与关键部位客观压力指标的回归分析

模型		非标准化系数	非标准化系数标准误差	标准系数	<i>t</i>	Sig.
站立	常量	2.256	0.244		9.228	0
	B点压力	0.968	0.237	0.550	4.082	0.001
	G点压力	0.221	0.049	0.465	4.527	0
	A点压力	0.559	0.179	0.436	3.116	0.007
坐直	常量	0.846	0.262		3.226	0.015
	B点压力	23.466	5.170	0.525	4.539	0.003
	G点压力	0.306	0.064	0.557	4.814	0.002
全蹲	常量	1.922	0.127		15.148	0
	G点压力	0.140	0.039	0.457	3.608	0.011
	H点压力	0.177	0.066	0.337	2.691	0.036
	C点压力	0.093	0.035	0.315	2.620	0.040

分别表示A、B、C、G、H点压力值。

3 结论

3.1 主观舒适性方面:站立、坐直、全蹲这3种姿势下,优化前后生理内裤的整体主观压力舒适感均存在显著差异($p<0.050$)。站立时,腰部、大腿部、裆部和臀部主观压力舒适感均存在显著差异($p<0.050$);坐直时,腰部和裆部的主观压力舒适感存在显著差异($p<0.050$);全蹲时,大腿部、臀部的主观压力舒适感存在显著差异($p<0.050$)。优化后生理内裤的主观压力舒适度评分均值达到4分及以上,穿着舒适感明显提升,得到受试者认可。通过SPSS回归分析发现,站立和坐直时腰部、臀部、裆部的主观压力舒适性显著影响整体主观压力舒适性,全蹲时,臀部、裆部的主观压

力舒适性显著影响整体主观压力舒适性,从而建立生理内裤整体主观压力舒适性的主观评价模型。

3.2 客观舒适性方面:站立、坐直、全蹲这3种姿势下,优化前后生理内裤各压力测试点的压力值存在显著性差异($p<0.050$),主要体现在腰部的A、B点上。优化后的生理内裤腰部压力有所提升,大腿部压力有所减小,裆部和臀部压力略微减小,整体压力分布更加合理均衡。通过SPSS回归分析发现,站立时,B、G、A点压力值显著影响整体主观压力舒适性;坐直时,B、G点压力值显著影响整体主观压力舒适性;全蹲时G、H、C点压力值显著影响整体主观压力舒适性,从而建立生理内裤整体主观压力舒适性的客观评价模型。

3.3 CLO 3D虚拟试穿方面:站立、坐直、全蹲姿势下,优化前后的生理内裤虚拟试穿压力特征图呈现明显差异,与实测压力分布结果对应。优化后的生理内裤压力分布均匀,穿着舒适感更佳,尤其是大腿部C点及裆部E点的压力显著减小。将CLO 3D用于服装样板优化设计及评价可有效提高服装设计生产效率,节约时间和成本。

参考文献

- [1]庄梅玲,曲昱静,王静怡.基于卫生巾消费的女性生理内裤设计[J].服装学报,2019,4(2):153-157.
- [2]顾明月,张英姿,张技术.面向生理期女性的功能内裤需求调研与改良设计[J].纺织科技进展,2020(10):22-24,38.
- [3]洪文进,唐颖,沈雷.缓解女性生理期疼痛的内裤设计及性能评价[J].针织工业,2021(3):67-70.
- [4]徐飞妮,傅海洪,张成蛟,等.青年女性生理期内裤需求调研与优化设计[J].针织工业,2022(9):60-65.
- [5]成恬恬.基于CLO 3D的文胸虚拟仿真设计[J].国际纺织导报,2020(10):48-51.
- [6]田丙强,徐增波,胡守忠.基于CLO 3D虚拟试衣技术的着装合体性评估[J].东华大学学报:自然科学版,2018,44(3):397-402.
- [7]季云慧,张成蛟,葛彦.女青年生理期症状和内裤消费需求的调查研究[J].纺织导报,2023(1):74-77.
- [8]刘宇,王永荣,罗胜利,等.服装压力分布测试和理论预测模型的研究进展[J].针织工业,2019(2):56-60.
- [9]张渭源.服装舒适性与功能[M].北京:中国纺织出版社,2011.
- [10]侯凤仙,季晓芬.基于CLO 3D的直筒连衣裙虚拟缝制工艺优化试验研究[J].化纤与纺织技术,2021,50(11):12-17.

收稿日期 2023年12月28日