

基于骑行裤运动功能的男下肢皮肤形变

骆顺华

(山东工艺美术学院 服装学院, 山东 济南 250300)

摘要:皮肤形变是紧身骑行裤结构及松量的决定因素之一。为研究骑行过程中男下肢皮肤形变变化,利用优化的凝胶拓印及图形像素技术获取皮肤形变。分析10名男性骑行爱好者下肢8个部位及4个区域横向、纵向网格的皮肤形变定性与定量变化,发现腹股沟、膝盖与膝窝的皮肤形变波动较大,腹部、大腿内侧与大腿后中皮肤形变波动小,且膝盖皮肤整体拉伸而膝窝皮肤整体收缩。皮肤形变变化规律为骑行裤分割线设计及下肢各部位松量确定提供科学依据,以此优化骑行裤运动功能性。

关键词:男下肢;皮肤形变;凝胶拓印;运动功能;骑行裤

中图分类号:TS 941.17 **文献标志码:**A **文章编号:**2096-1928(2017)05-0389-06

Skin Deformation of Male Lower-Limb Based on Motion Function for Cycling Shorts

LUO Shunhua

(Clothing College, Shandong University of Art and Design, Jinan 250300, China)

Abstract: Skin deformation is one of the determinants of design compression clothing and easy allowance. To obtain the variation of skin deformation at male lower limb in cycling, optimized gel rubbing method and image pixel technology was invented. Qualitative and quantitative variation of horizontal and vertical grids of eight parts and four reigns of ten male cycling enthusiasts was analyzed. Skin deformation at groin, knee and popliteal space was large fluctuation, and slight fluctuation at abdomen, inner thigh and back of thigh. It was found that variation of skin deformation is stretched at knee and contractive at popliteal space. The law of variation of skin deformation at lower limb presents a scientific evidence for designing panel line of cycling shorts and determining easy allowance, and the results can optimize motion functionality of cycling shorts.

Key words: male lower-limb, skin deformation, gel rubbing, motion function, cycling shorts

服装结构设计是由人体静态体型和动态变化共同决定的,运动中体表皮肤形变对紧身服装结构及松量的影响更显著^[1-2]。如果没有准确获取皮肤形变而按经验确定松量,会导致服装穿着后人体各部位的压力分布不合理,甚至会阻碍人体自由运动^[3],因此皮肤形变定量设计是设计紧身服装结构的基础。测量皮肤形变最早采用描线法^[4],但描线法仅获取描线方向的形变量,不能获取形变后的平

面展开图,而平面展开图是紧身服装分割设计的重要依据。石膏法^[5-6]虽然可以获取平面展开图,但是该方法存在对人体束缚大、不适感强、操作困难、石膏干燥时间长使受试者难以承受等缺点,且涂抹石膏后所用的绷带是硬物质,能拓印的动作与部位受限制^[7]。引入三维扫描技术后,学者发现虽然三维扫描采用非接触测量,速度快,但是存在精度、扫描部位及动作等方面的局限^[8-9]。因骑行过程中下

收稿日期:2017-07-12; 修订日期:2017-09-05。

基金项目:山东工艺美术学院科技计划项目(X17KY10)。

作者简介:骆顺华(1981—),男,讲师,博士。主要研究方向为功能性运动服装。Email:ls052002@163.com

肢动作幅度大而且裆部、膝窝部位难以扫描,以上方法都不适宜,因此,作者发明了一种基于凝胶拓印及图形像素技术获取皮肤形变的方法^[10],并采用此方法获取骑行过程中男下肢皮肤形变。

1 实验方法

1.1 实验设备

HAD-LI 型马丁测量仪,北京恒奥德仪器仪表有限公司制造;Tacx IRONMAN T2060 型磁阻骑行台,荷兰 TACX 公司制造。

1.2 测试对象

为减少因个体体型差异大导致的实验误差,实验挑选 10 名 20 ~ 25 岁男性为测试对象,身高在 168 ~ 173 cm 之间,身体质量指数 (Body Mass Index, BMI) 平均为 22.9,且每名测试对象体型符合 BMI 标准 (18.5 ~ 24.0) 的要求^[11]。此外,确保测试对象对实验用凝胶没有过敏反应。

1.3 实验设计

因骑行运动为周期性圆周运动,把一个骑行周期均匀分为 12 个骑行动作,其中右踏板在最高点时为 0°,12 个骑行动作踏板位置分别为 0°,30°,60°,⋯,330°。

1.3.1 凝胶拓印网格 皮肤形变拓印过程如图 1 所示。具体操作步骤如下:①将实验场所温度调整到舒适范围内,对下肢体毛进行刮净处理,让测试对象静止站立并在其右下肢用水性油墨笔画边长为 3.5 cm 左右的方形网格 (见图 1(a)),网格具体大小由腰围决定,所有测试对象的横向和纵向网格数一致,具体如图 2 所示。为了避免画网格的误差,采用马丁测量仪确定 17 条水平线,在每条水平线上确定平分网格宽度的点,且实验画线由同一实验员完成;同时为检验数据是否有误差,后期对 10 个测试对象各自对应单元网格 12 个动作的皮肤形变量数据进行离散程度分析,发现样本标准差很小,验证了此方法的可靠性。②均匀涂抹润肤油,以避免后期揭下凝胶时引起测试对象皮肤不适。标准站立姿势下保持静止不动,将凝胶均匀涂抹在下肢上 (见图 1(b))。③待凝胶凝固后,轻轻将窄隐形胶带交叠粘贴于凝胶上以防止凝胶变形 (粘贴时不可以施加压力),并用水性油墨笔在胶带上描画一遍网格 (见图 1(c))。④从侧缝线上端开始剥离网格,沿着侧缝线位置小心剪开,慢慢向两边剥离,直至完全拓印下来 (见图 1(d))。用油墨笔重新描画一遍网格,让测试对象骑上自行车保持标准骑行姿势,把右踏板固定在 0°位置静止不动,重复

③与④拓印 0°动作下的网格图,然后对 12 个骑行姿势依次拓印。

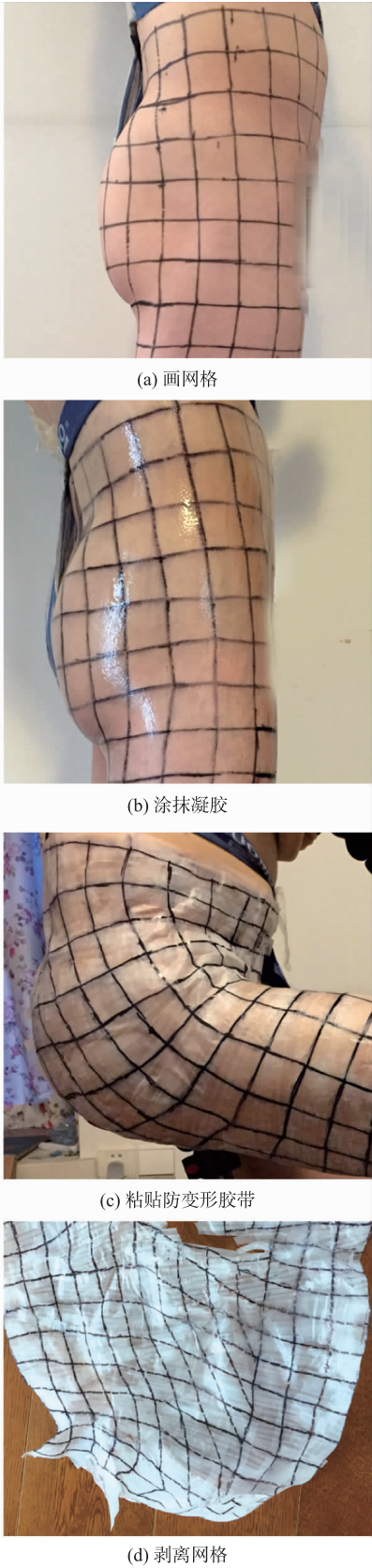
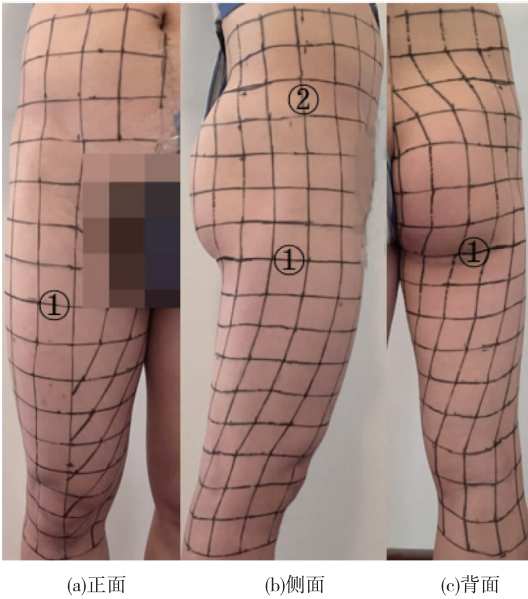


图 1 凝胶拓印网格过程

Fig. 1 Process of graph rubbing of skin deformation by gel



注：①为大腿根围线（横向）；②为侧缝线（纵向）。

图 2 下肢网格分布

Fig. 2 Distribution of grids on lower limb

1.3.2 基于图形像素技术网格面积计算 拓印的网格图按网格线剪开得到每个单元网格形状,按顺序依次把网格粘贴在白纸上,并采用同一扫描设备与同一分辨率扫描,保存为无损图片扫描信息的标准图像文件 bmp 格式,用 Photoshop 软件图形像素技术获取网格像素及分辨率 DPI (Dots Per Inch),获取图形像素及分辨率方法^[12]:①用 Photoshop 软件打开要编辑的图,用钢笔工具把网格线迹描绘为封闭曲线;②放大图片,对各锚点进行调整,使线条与网格线完全重合;③把路径转换成选区;④点击“视图”菜单中的“直方图”,直方图窗口显示单元网格像素(见图 3(a)),分辨率在“图像”菜单的“图像大小”对话框中显示(见图 3(b))。

计算静止站立姿势下、每种骑行分解动作姿势下各网格面积与形变率,单元网格的面积与形变率取 10 个人的平均值。计算公式如下:

$$S_{ij} = \frac{P_{ij}}{(\text{DPI})^2} \tag{1}$$

式中: S_{ij} 为静止站立姿势网格图中第 i 行第 j 列网格的面积; P_{ij} 为静止站立姿势下第 i 行第 j 列网格的像素; $i = 1, 2, 3, \dots, 15, 16$; $j = 1, 2, 3, \dots, 15, 16$ 。

$$S_{ij}^x = \frac{P_{ij}^x}{(\text{DPI})^2} \tag{2}$$

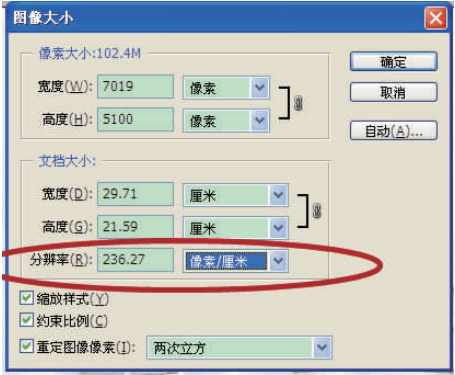
式中: S_{ij}^x 为某种骑行姿势下网格图中第 i 行第 j 列网格的面积; P_{ij}^x 为某个骑行姿势下第 i 行第 j 列网格的像素; $i = 1, 2, 3, \dots, 15, 16$; $j = 1, 2, 3, \dots, 15, 16$; $x = 0^\circ, 30^\circ, 60^\circ, \dots, 300^\circ, 330^\circ$ 。

第 i 行第 j 列网格的单元网格形变率为 SD_{ij}^x , 则有

$$SD_{ij}^x = \left(\frac{S_{ij}^x}{S_{ij}} - 1 \right) \text{ 或 } SD_{ij}^x = \left(\frac{P_{ij}^x}{P_{ij}} - 1 \right) \tag{3}$$



(a)计算网格像素数



(b)确定分辨率

图 3 图形像素技术计算皮肤形变
Fig. 3 Computing skin deformation in image pixels

2 结果与讨论

为后续分析下肢各部位皮肤形变规律,将图 2 中的网格图平面展开,绘制出网格示意图,具体如图 4 所示。对图 4 进行纵向和横向编号,整个网格图被侧缝线与大腿根围线分割成前上、后上、前下、后下 4 个区域,划分为腹部、腹股沟、后上、大腿前中、大腿后中、大腿内侧、膝盖、膝窝等 8 个部位。

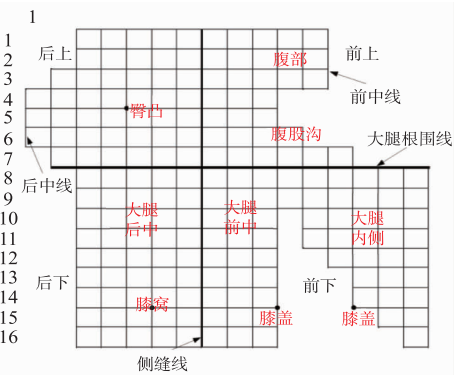


图 4 网格平面示意
Fig. 4 Sketch of grids

2.1 8 个部位皮肤形变定性分析

基于 MATLAB 软件采用三次样条插值函数的方法^[13],把 12 个动作的皮肤形变离散数据转化为 0°~330°区间内连续的皮肤形变变化,绘制出骑行时男下肢皮肤形变的动态变化规律,具体如图 5 所示。

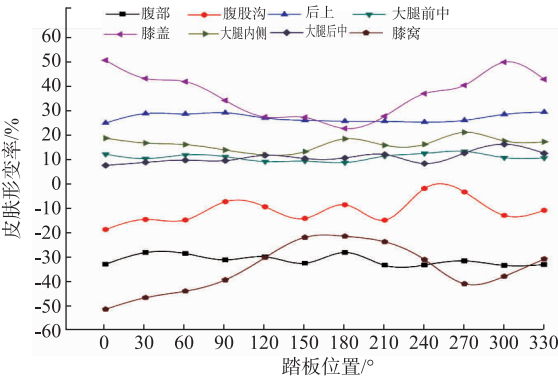


图 5 8 个部位皮肤形变量变化

Fig. 5 Variation of skin deformation at eight parts of lower limb

由图 5 可以看出,在骑行过程中,腹股沟、膝盖与膝窝的皮肤形变曲线波动较大,腹部、大腿内侧与大腿后中皮肤形变波动较小,后上部与大腿前中皮肤形变变化极小。其中膝盖的皮肤形变率先减小后增大,踏板在 180°位置时最小,在 0°时达到最大,形成对称的变化规律;膝窝的皮肤形变变化趋势与膝盖刚好相反,形变率先增大后减小,当踏板位置在 180°时达到最大,在 0°时最小,但在后半程先减小,后有变大趋势,没有形成类似膝盖的对称变化规律,原因可能是在提拉过程中,大腿后侧肌肉发力使皮肤绷紧拉伸;腹股沟的变化呈较大波浪状态,这与腹股沟部位的髋关节活动有关;腹部的皮肤形变波动变化,与腹部的呼吸有较大关系,因为腹部在骑行过程中姿势变化微小;大腿内侧皮肤形变的波动幅度小;大腿后中在后半程波动比较大,因为后半程大腿股二头肌在 180°~330°位置为提拉的募集肌肉,可知该部位的皮肤形变与肌肉活动有较大关系;后上部位在骑行过程中由于臀部动作幅度很小,因此皮肤形变变化很小;大腿前中皮肤形变波动幅度极小,与大腿前中在骑行时的姿势有较大关系,大腿前中皮肤在此过程中一直处于拉伸紧绷状态。

2.2 4 个区域横纵向皮肤形变定量分析

2.2.1 前上区域 前上区域网格皮肤形变情况如图 6 所示。腹部纵列皮肤收缩形变率平均达到 -29.2%,从侧缝到前中线皮肤收缩率先增大再减小,此变化规律符合人体腹部外形特点,即腹部从

侧缝到前中的凸起程度逐渐增大再减小。腹股沟部位纵列网格皮肤形变率约为 -12.7%,只有腹部的一半,靠近侧缝的第 8 列纵向网格几乎没有变化,因测量误差,第 12 列网格变化与相邻的纵列网格形变率差值较大,该数据不采用。从横行看腹部皮肤整体收缩形变,形变率平均达到 -29.4%,收缩量逐渐增大,第 3 行在腹部正中位置(见图 2(a))收缩达到最大,而腹股沟部位横行网格平均形变率为 -13.6%,收缩率逐渐减少,其中第 7 行呈较小的拉伸状态。综合比较前上区域纵列与横列皮肤形变率的变化趋势,可以看出腹部比腹股沟收缩量大得多,且第 7 行整体形变变小,主要由于在纵向收缩较大情况下,横向较长且有较大拉伸,弥补了皮肤纵向收缩量。

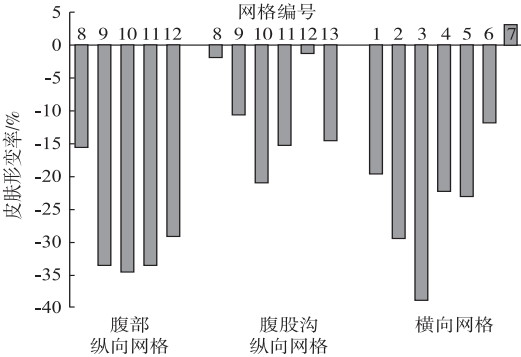


图 6 前上区域网格皮肤形变变化

Fig. 6 Variation of skin deformation of grids on anterior-superior of lower-limb in cycling

2.2.2 后上区域 后上区网格皮肤形变如图 7 所示。

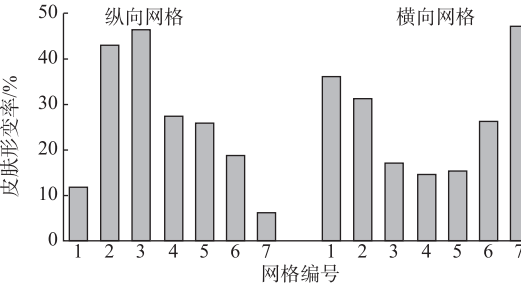


图 7 后上区域网格皮肤形变变化

Fig. 7 Variation of skin deformation of grids on posterior-superior of lower limb in cycling

纵列网格皮肤呈拉伸状态,平均形变率为 25.6%,从后中至侧缝皮肤拉伸量先增大后减小,第 2,3 列达到 45%左右,这两列在臀凸以及臀褶位置(见图 2(c)),相比于静止站立状态,在骑行姿势时,臀凸曲率变化大且臀褶皮肤拉伸较大,因此皮肤形变大;第 1 列为靠近臀沟及骶骨处,此外曲率变化小且脂肪较少,因此形变量小。横行网格形变率为 26.8%,变化趋势与纵列相反,横行皮肤拉伸

率先减小后增大,第 7 行位置为臀褶部位,皮皱多,皮肤扩张大,符合皮肤形变理论^[14]。综合分析后上区域纵列与横行单元网格皮肤形变量,发现臀褶部位和臀凸部分皮肤扩张量达到 45% 以上,其他部分平均也达到 20% 左右。

2.2.3 前下区域 前下区域皮肤形变因涉及面积较大,所以分前中和大腿内侧两部分进行分析,前下区域网格皮肤形变变化如图 8 所示。由图 8 可以看出,前中部分 3 个纵列皮肤形变量基本一致,平均皮肤形变率为 10.7%,且横向第 8~12 行皮肤形变量与纵列形变量一致,平均形变率为 10.7%。因此,前中横向拉伸长度与纵向拉伸长度基本一致。膝盖部位纵向各列之间变化很大,第 8 列皮肤呈收缩变化,而第 9,10 列则拉伸很大,膝盖中心达到 45%。因此,该部位纵向的结构松量需考虑形变复杂的特点。膝盖部位纵列形变变化大与纵向曲率变化有很大关系,因为在骑行过程中,膝关节大约在 65°~145°之间发生较大角度变化,该角度变化正是膝盖中心纵列曲率的变化范围。膝盖横行皮肤形变变化呈对称分布,膝盖中心横行形变大,两边小。横行形变量变化幅度相比纵向小,且形变量值也相对较小,在 20%~30% 之间,这与横向曲率变化较小有关。

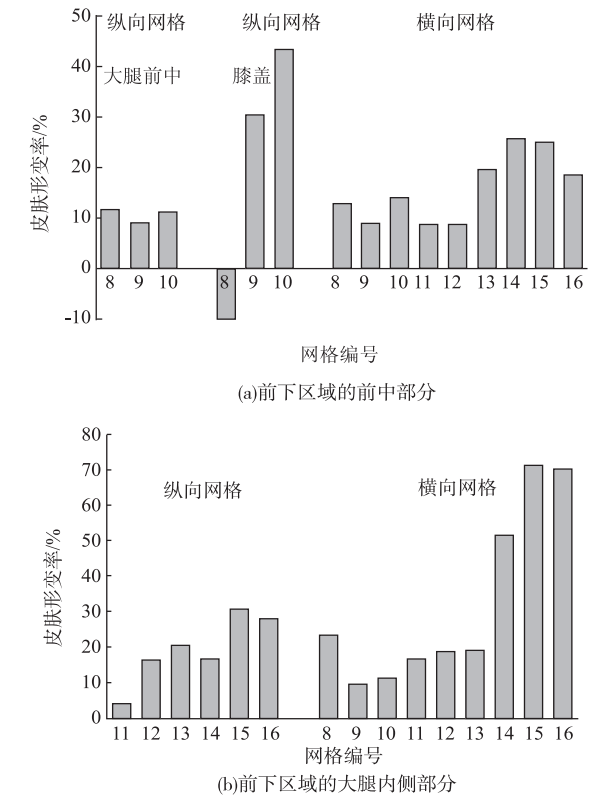


图 8 前下区域网格皮肤形变变化

Fig. 8 Variation of skin deformation of grids on anterior-inferior of lower limb in cycling

前下区域大腿内侧部分的纵列网格从左至右逐渐增大,平均形变率为 23.4%,横行网格(除第 8 行)皮肤扩张变化趋势也逐渐增大,第 9~13 行皮肤形变率在 15% 左右,表明横向拉伸量较小,第 14~16 行处在膝盖内侧靠近膝盖中心部位,皮肤拉伸量急剧增大,达到 50% 以上,且第 15,16 行单元网格都在膝盖中心附近位置,是膝盖部位变形最大的地方。综合对前下区域的分析,发现膝盖中心周围与大腿前中及大腿内侧皮肤形变率差别较大,因此需要将膝盖与其他部位进行分割设计,以优化骑行裤运动功能性。

2.2.4 后下区域 后下区域网格皮肤形变变化如图 9 所示。大腿后中纵列网格有大约 10% 的拉伸,皮肤拉伸量比较平均,大腿后中在下肢所有区域中皮肤拉伸量最小;膝窝位置的纵列皮肤呈收缩形变,平均形变率为 -35.1%,收缩量从上到下先增大后减小,在膝窝中心左右两列达到最大。横行网格皮肤形变率基本变化趋势为逐渐减小,从皮肤拉伸向收缩趋势变化,第 8 行靠近臀褶位置比大腿后其他横行网格拉伸量大很多,达到 37.7%;第 10~12 行的皮肤形变变化很小,对于高弹性面料而言几乎可以忽略不计;第 13~16 行为膝窝位置,平均皮肤形变率为 -28%,皮肤形变率变化趋势是先增大后减小。与膝盖部位皮肤形变变化类似,膝窝部位与大腿后其他部分也应该考量分割的结构设计。相比其他区域,大腿后中部位的皮肤形变率最小,膝窝形变率比前上部位小。

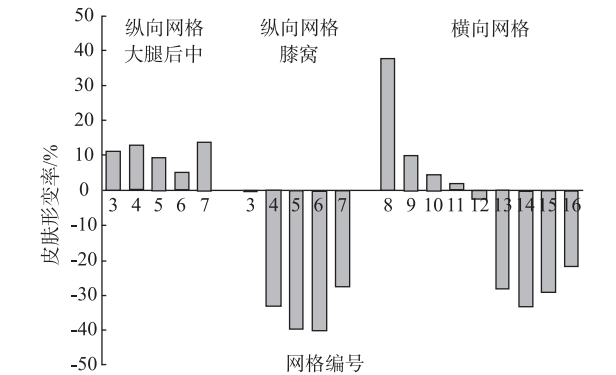


图 9 后下区域网格皮肤形变变化

Fig. 9 Variation of skin deformation of grids on posterior-inferior of lower limb in cycling

3 结 语

由单元网格横行与纵列的皮肤形变率分析可知,骑行过程中,腹部皮肤形变率平均达到 -29%,腹股沟部位皮肤形变率为 -13% 左右;后上区纵向与横向网格皮肤平均形变率为 26% 左右;大腿前中

平均皮肤形变率为 10.7% ;膝盖部位纵向各列之间变化较大,膝盖中心形变率达到 45% ,该部位纵向的结构松量需要考虑变化大的特点,膝盖横行皮肤形变率相对较小,在 20% ~ 30% 之间;大腿内侧部分的纵列网格变化幅度较小,平均形变率为 23.4% ,横行皮肤形变率在 15% 左右;大腿后中网格皮肤形变率约为 10% ,大腿后中在下肢所有区域中皮肤拉伸量最小;膝窝部位纵列皮肤形变率为 -35.1% ,膝窝横行平均皮肤形变率为 -28% ,形变率先增大后减小,在膝窝中心达到最大。从膝盖与膝窝部位皮肤形变率变化规律可以得出,这两个部位应该考虑与其他部位的分割设计,因为膝关节是骑行运动发力关键部位,松量应考虑尽量不限制下肢活动,保证其运动功能性。

各个部位的皮肤形变变化规律,对骑行裤的结构设计有理论指导作用,定量分析结果可以为各结构区域的面料选择(或无缝针织的针法选择)和松量确定提供设计依据,从而优化骑行裤运动功能性。

参考文献:

[1] Gupta D. Design and engineering of functional clothing [J]. Indian Journal of Fibre and Textile Research, 2011, 36(4): 327-335.

[2] Choi S, Ashdown S P. 3D body scan analysis of dimensional change in lower body measurements for active body positions[J]. Textile Research Journal, 2010, 80(1): 81-93.

[3] Watkins S M. Clothing: the portable environment[M]. Ames: Iowa State University Press, 1995.

[4] Kirk W, Ibrahim S M. Fundamental relationship of fabric extensibility to anthropometric requirements and garment performance[J]. Textile Research Journal, 1966, 36(1): 37- 47.

[5] 胡晓俐. 补正内衣结构设计原理与生理反应研究

[D]. 上海:中国纺织大学, 1999.

[6] 鄧晓磊. 男子下体动态变化及贴体裤装结构研究 [D]. 上海:东华大学, 2005.

[7] 骆顺华, 张健. 基于骑行动作骨骼肌仿真的女性下肢皮肤形变表征 [J]. 纺织学报, 2015, 36(12): 120-124.

LUO Shunhua, ZHANG Jian. Characterization of skin deformation of female lower limb based on skeletal muscle simulation for cycling motion [J]. Journal of Textile Research, 2015, 36(12): 120-124. (in Chinese)

[8] Sang I P, Hodgins J K. Capturing and animating skin deformation in human motion[J]. Acm Transactions on Graphics, 2006, 25(3): 881-889.

[9] Stancic I, Supuk T G, Panjkota A. Design, development and evaluation of optical motion-tracking system based on active white light markers[J]. Science Measurement and Technology, 2013, 7(4): 206-214.

[10] 骆顺华, 王建萍, 罗兰, 等. 一种基于凝胶拓印及图形像素技术获取皮肤形变方法: 104783390B [P]. 2016-08-03.

[11] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. 中华人民共和国卫生行业标准: 成人体重判定 (WS/T 428—2013) [S]. 北京: 中国标准出版社, 2013.

[12] 泮樟胜, 叶连宝. 浅谈利用 Photoshop 精确计算图形面积 [J]. 绿色科技, 2012(8): 261-263.

PAN Zhangsheng, YE Lianbao. Introduction of caculating the precise graphics area with Photoshop [J]. Journal of Green Science and Technology, 2012(8): 261-263. (in Chinese)

[13] 骆顺华, 王建萍, 史慧, 等. 骑行动作下肢动态压力变化研究 [J]. 丝绸, 2016, 53(7): 38- 42.

LUO Shunhua, WANG Jianping, SHI Hui, et al. Research on dynamic pressure variation of lower limbs during cycling [J]. Journal of Silk, 2016, 53(7): 38-42. (in Chinese)

[14] 中泽愈. 人体与服装 [M]. 袁观洛, 译. 北京: 中国纺织出版社, 2005. (责任编辑: 沈天琦, 邢宝妹)