

DOI: 10.19333/j.mfkj.2017120170206

过敏性皮肤贴身穿轻薄毛织物的主要医用规格

Henry WANG¹, David CROWE¹, Trevor MAHAR², Paul SWAN², Angus IRELAND²

(1. 澳大利亚羊毛检测局, 澳大利亚 墨尔本 3031; 2. 澳大利亚羊毛发展公司, 澳大利亚 悉尼 2001)

摘要: 最新研究表明贴身穿细美利奴羊毛的衣服对敏感型皮肤的皮疹有一定的治疗作用。为了确保这类过敏性皮肤穿着的舒适性, 文章利用澳大利亚羊业合作研究中心的穿着试验数据和成衣, 借助新近研发的羊毛舒适仪对过敏性皮肤贴身穿轻薄毛织物的医用规格进行了研究。通过相关性分析发现: 纯羊毛织物的刺痒性能很大程度上决定了穿着者的皮肤舒适度。进而通过使用多元变量主成分分析, 辨别出人们对羊毛织物刺痒性能在不同的穿着环境和不同的活动强度下的感应模式, 从而对织物的刺痒性能进行分类。最后通过对试穿服装的纤维细度和舒适度指数进行测试分析, 确定了该类贴身穿毛织物的主要医用规格。包括舒适度指数不高于200, 纤维的平均直径不大于17.5 μm, 直径大于25 μm的纤维含量不高于2.0%。

关键词: 羊毛; 过敏性皮肤; 贴身穿织物; 舒适性; 毛织物舒适仪; 医用规格

中图分类号: TS 101

文献标志码: A

Medical specification for sensitive skin—primary specifications for wool base layer fabrics

Henry WANG¹, David CROWE¹, Trevor MAHAR², Paul SWAN², Angus IRELAND²

(1. Australian Wool Testing Authority Ltd., Melbourne, 3031, Australia;

2. Australian Wool Innovation Ltd, Sydney 2001, Australia)

Abstract: Recent medical research has shown that wearing superfine Merino wool next to the skin is therapeutic for eczema sufferers. With the development of the Wool ComfortMeter, an opportunity exists to develop a medical specification for wool knitwear, and to ensure skin comfort for the therapeutic benefit of atopic dermatitis sufferers. Garments and data from an existing Sheep CRC wearer trial were used in this paper. The relationship between comfort and skin irritancy were examined. Furthermore, principal component analysis was used to identify the skin irritancy ('prickle') rating pattern of the wearers across different environmental conditions, in order to precisely determine the level at which garments generated 'prickle' sensations. Based on the results, a set of medical specifications for sensitive skin was established for wool base layer fabrics. That is, the Wool ComfortMeter index should not be higher than 200; the mean fiber diameter should not be greater than 17.5 μm; the percentage of the fibers coarser than 25 μm should not be higher than 2.0%.

Keywords: wool; sensitive skin; base layer fabrics; prickle; wool comfortmeter; medical specification

收稿日期: 2017-12-10

基金项目: AWI Funded Project: Development of a Medical Specification for Nonirritant Wool(OF-00230)

第一作者简介: Henry WANG, 博士, 主要从事羊毛测试新方法
与织物手感的研究工作。E-mail: henry.wang@awta.com.au。

羊毛纤维是一种具有技术多样性的纤维, 因而羊毛纤维可用于生产多种多样的产品, 从轻薄型的针织品与机织品, 到地毯和家具用布等, 然而这种多样性用途面对特殊用户经常会出现问题, 如有过敏性皮肤的人群贴身穿含毛产品时, 如果规格不当会引起皮肤的不良反应。就全球所生产的羊毛而言, 大部分羊毛纤维产品都不适合过敏

性皮肤的人群贴身穿着,很多人反映羊毛会引起皮肤刺痒或者过敏。人们在谈到皮肤对来自于服装的物理刺激的反应时,常常会混淆过敏和刺痒这2个概念,误认为皮肤的刺痒感是由于对羊毛的过敏反应而引起。最新的相关医学研究证明,对于过敏性皮肤的人,贴身穿着无刺痒的纯羊毛织物会对其皮疹疾病有一定的治疗作用^[1-2],因而市场需求增加。若从产品的供应链避免产品的刺痒性能,则急需建立一系列医用产品规格来确保用户的穿着舒适性。

澳大利亚针对毛织物用于过敏性皮肤的舒适性研究始于20世纪80年代,研究发现皮肤的刺痒是由织物表面的纤维末端刺激皮肤而引起,当纤维末端比较刚硬,对皮肤的刺力超过0.74 mN时,大多数人就会有皮肤的刺痒感^[2],而且皮肤的刺痒感可以由任何纤维引起,包括化学纤维。

1 研究背景

总体来说,澳大利亚对织物刺痒性能的研究大概经历了3个阶段:

第1阶段:20世纪80年代中期,刺痒神经机制基础的建立。研究证明:皮肤的刺痒感与织物表面纤维末端的力学刚度相关,而不是一种由羊毛引起的过敏反应。Garnsworthy等^[3]进一步证明皮肤的刺痒是当纤维末端对皮肤的刺击力超过0.74 mN时,由皮肤的痛感神经进行的一种低级活动而引起。

第2阶段:20世纪90年代,可靠测试羊毛中粗纤维含量方法的建立和对织物结构与刺痒关系的研究。Naylor等通过对平均直径为16.9~24.4 μm的平针羊毛与腈纶针织物研究发现,纤维直径超过32 μm的粗纤维是引起皮肤刺痒的主要组分^[4-6]。因而在纤维直径分布测试标准中引进了舒适度指数(Comfort Factor)指标,来表示纤维中直径低于30 μm的纤维含量^[7-8],该指标使供应链可以在纤维阶段就大致了解到产品的穿着舒适度。

第3阶段:客观测试织物刺痒性能方法的建立。从2005—2013年,澳大利亚羊业合作研究中心在科研院所的参与及大量穿着试验的基础上,成功开发了毛织物舒适仪,该仪器可用来快速测试织物、服装和纱线的刺痒性能^[9-13]。

以上这些研究成果为供应链满足客户的穿着舒适性提供了坚实的基础。本文基于这些研究结果,使用澳大利亚羊业合作研究中心的穿着试验数据和服装,为过敏性皮肤的消费者生产贴身穿轻薄毛织物的供应链建立一系列主要医用规格。

2 试验设计和方法

2.1 原料

本文采用澳大利亚羊业合作研究中心用于穿着试验的48件长袖针织服装,其中42件为纯羊毛、2件为纯棉、1件为纯羊绒、1件为羊毛/羊绒混纺、2件为纯化纤维织物^[12]。大部分织物采用单面针织组织,2件是凹凸组织,1件是罗纹组织,1件是双罗纹组织。纤维的平均直径范围14.0~21.2 μm。所有服装在试穿前都经过标准洗涤,其厚度范围为0.5~1.6 mm,面密度为155~320 g/m²。

2.2 穿着试验

主观穿着评分数据来自于12次的穿着试验。试穿人员全部是25~35岁的女性,每次试验参加试穿的人数不低于24人。为了校对各次试验之间的评分误差,有6件服装重复使用。每次试验,试穿员先经过30 min的适应,然后经历4个不同的试穿环境:第1阶段,温度为(23±0.5)℃和相对湿度为45%±5%的环境下,试穿员无运动15 min(P-C);第2阶段,温度为(40±0.1)℃和相对湿度为24%±0.5%的环境下,试穿员无运动15 min(P-H);第3阶段,温度为(40±0.1)℃和相对湿度为24%±0.5%的环境下,试穿员在跑步机上走路运动15 min(P-HW);第4阶段,温度为(23±0.5)℃和相对湿度为45%±5%的环境下,试穿员无运动15 min(P-CaH)。在每个环境下,试穿员要每5 min对11个穿着指标进行评分,这11个指标即刺痒感、触痒感、糙痒感、潮湿感、热湿感、塌贴感、冷凉感、出汗感、吸汗感、负重感、总体不舒适感。试验的详细资料见参考文献[14]。

2.3 服装测试

纤维直径分布:按照IWTO-12:2012《激光细度仪测试羊毛纤维的平均直径和直径分布的方法》^[7]对所有服装进行测试,测试指标包括:纤维平均直径、直径离散系数、卷曲度、舒适系数、可纺纱支以及直径超过25 μm纤维含量的百分比等。

舒适度指数:按照IWTO-DTM-66:2016《毛织物和服装皮肤舒适性的测试方法》^[15]对服装进行测试,测试的指标为织物舒适度指数(CI)。

2.4 分析方法—多元变量数据分析

按照评分的时序,每个试穿员对同一件服装的评分,即使量值不同也有相似的变化规律,如图1所示。因而分析时可以把每个评分员在各个环境下的评分看作一个变化的“曲线”来进行分析。从图1看出,15个评分值高度线性相关,因而本文采用了

主成分(PCA)多元数据分析法,来识别试穿员之间的评分规律与相似性。对于那些评分变化规律和大多数试穿员不相同的评分再做个例分析,对确实无法解释且不同于大多数的评分作异常值处理,不计入进一步的分析,以保证结果的可靠性。最后根据每个主成分的样本值,把试穿的服装分成“无刺痒”“热环境下刺痒”和“任何环境下刺痒”3类。

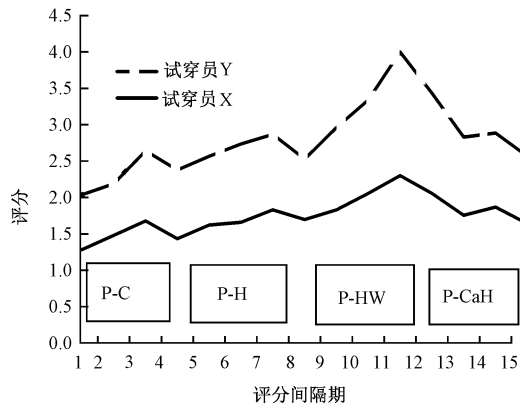


图1 试穿评分“曲线”的相似性

3 结果与讨论

3.1 影响皮肤舒适的主要因素

对11个主观评定指标的相关分析表明,总的舒适度与其他10个指标之间存在着不同程度的线性相关度,相关系数如图2所示。对于所研究的织物,3个与刺痒有关的指标,即刺痒感、触痒感和糙痒感,都与总的舒适度高度相关,是纯毛服装穿着中影响皮肤舒适度的主要因素。

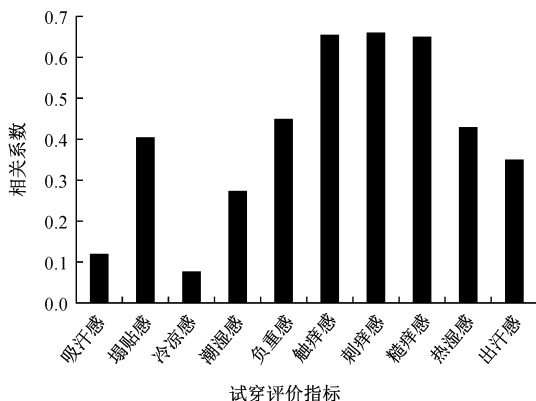


图2 总不舒适度与其他主观评定指标的相关系数

如果把所穿的服装按每个指标分别进行排序,然后对这些排序之间的一致性进行分析,就会发现与其他指标相比,3个与刺痒有关的服装排序与总不舒适度的排序高度一致,特别是对那些无刺痒和非常刺痒的服装,图3表示了总不舒适度的服装排序与3个刺痒指标排序之间的关系。由图3结果再次证明了羊毛服装贴身穿着时,其对皮肤的刺痒性

极大地决定了穿着的总舒适度。

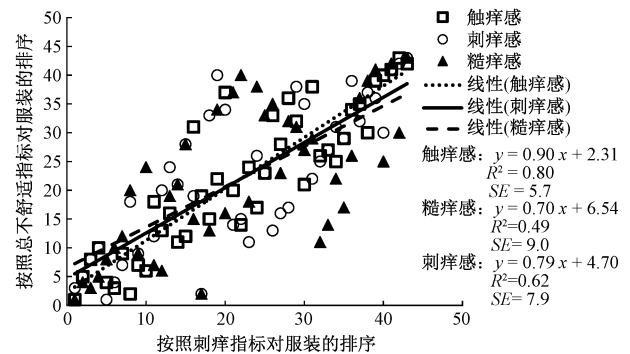


图3 总不舒适度的服装排序与3个刺痒指标排序之间的关系

3.2 无刺痒服装的识别

如前所述,由于试穿员在4种环境下试穿的评分间存在着相关性,本文使用了主成分分析法对48件服装的刺痒评分曲线进行了分析。结果显示前4个主成分(PC)可以解释大约99%的总方差,其中第1个主成分(PC1)表示服装的总体刺痒强度,解释了大约88%的总方差;第2个主成分(PC2)表示“热后冷”环境(即第4个阶段)与其他阶段的不同,解释了大约7%的总方差;第3个主成分(PC3)表示了“冷”环境与“热”环境的不同,解释了大约2%的总方差;第4个主成分(PC4)表示了“热环境下加走路运动”与其他环境的不同,也解释了大约2%的总方差。

由于PC1表示了服装的总刺痒程度,所以服装在PC1上的分值越高,产生刺痒的程度就越强。图4为用PC1和PC3对服装的刺痒进行的分类。按照PC1和PC3可以把服装分成“无刺痒”(当 $PC1 \leq -1.0$)、“在热环境下刺痒”($-1.0 < PC1 \leq 0$ 和 $PC3 \geq 0$) 和在所有环境下刺痒($PC1 > 0$)这3类。

为了解释位于图4每个象限中服装的刺痒规律,在每个象限中选取一个典型服装(即远离原点),然后把它们在每个环境下的评分作平均值,以便观察不同试穿环境下服装产生刺痒的规律。如图5所示,标号为19.6 SJ(1P1WCH)的服装位于第1象限(即PC1和PC3的分值都很高),它的刺痒规律是在“冷”环境下低刺痒,但在“热”环境下刺痒感升高。标号为20.6 Pique的服装位于第2象限,它的刺痒规律是“冷”环境下几乎无刺痒,但经历“热”环境后刺痒感会有所增强。标号为16.5 SJ的服装位于第3象限,它在任何环境下无刺痒感。标号为21.1 SJ(WSL)服装位于第4象限,它在任何环境下都有很强的刺痒感。

按照以上标准对48个服装进行统计分析,结果如表1所示,大约33%的服装为在各种环境下“无

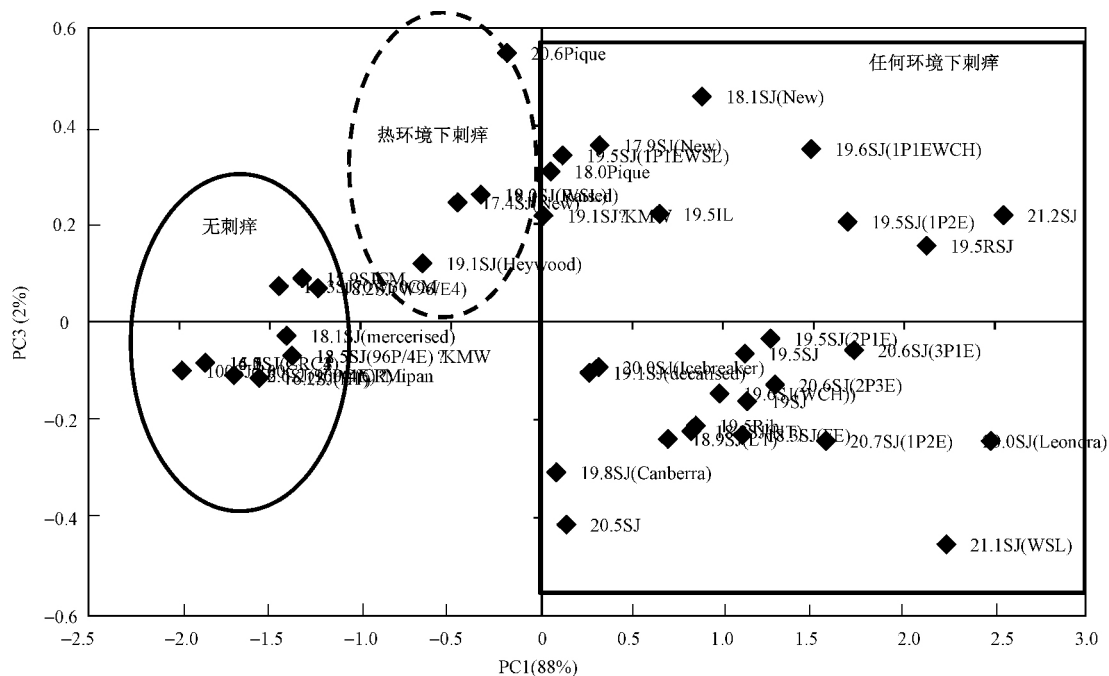


图4 按照 PC1 和 PC3 对服装刺痒度的分类

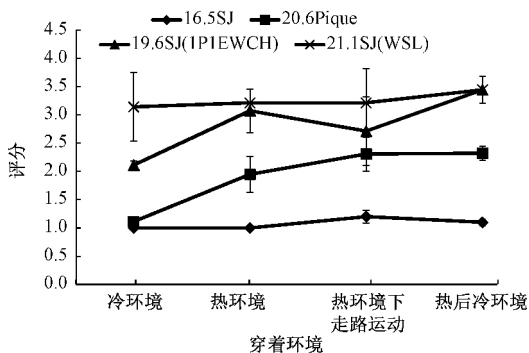


图5 处在图4中4个象限的服装的刺痒规律

刺痒”，大约 10% 的服装为在“热”的环境下刺痒，其余 56% 的服装为在任何环境下刺痒。

表1 各类服装个数

刺痒度分类	个数	百分比/%
无刺痒	16	33.3
热环境下刺痒	5	10.4
任何环境下刺痒	27	56.3
总计	48	100.0

3.3 纤维的直径规格

如前面所介绍，织物表面刚硬纤维的密度是影响服装刺痒性能的关键因素。力学分析证明这些纤维末端的刚性主要是由于纤维直径太粗，或者浮出织物表面的末端长度较短，或者二者共同存在而导致^[4, 13]。在实际中，测试粗纤维的直径会比纤维末端长度容易，因而在直径的测试标准中率先引进了测试纤维的舒适指数(Comfort Factor)，即纤维中直径低于 30 μm 的纤维的百分比。

事实上，粗纤维直径临界值的确定并没有统一的规定，只是研究者根据所研究对象的纤维直径范围而提出的建议。如 Naylor 等^[4-5]建议粗纤维临界值大于等于 32 μm，就是根据其研究对象的直径范围 16.9 ~ 24.4 μm 而建议的。Naylor 等^[4-5]同时在结论部分特别强调这一临界值会因产品的特征不同而变化。随着澳洲羊毛的不断细化，本文服装所采用的纤维平均直径范围为 14.0 ~ 21.2 μm，32 μm 的临界值从统计学的角度也已经超出了细羊毛和超细羊毛直径的正态分布范围，不再适合用于本文所用的服装。因而本文选择使用纤维直径大于等于 25 μm 的百分比作为新的粗纤维的临界值。

图6为纤维直径(MFD)和直径≥25 μm 纤维含量百分比之间的指数关系。可以看出，同时控制纤维的 MFD 和直径≥25 μm 纤维含量，可以从纤维的选择上先行保证织物的无刺痒性能。这里需要特别注意的是，有 3 件无刺痒的服装，直径≥25 μm 的纤维含量超过了其他服装。一个是标号为 G002 的服装，是由 18.5 μm 的纤维制成的单面针织服装，其直径≥25 μm 的纤维含量为 3.1%；第 2 个是标号为 G050 的服装，由 96% 的 18.2 μm 的羊毛和 4% 的弹力丝制成的单面织物，其直径≥25 μm 的纤维含量为 4.0%；第 3 个是标号为 G052 的服装，由 18.1 μm 的羊毛经过丝光处理而制成，其纤维直径≥25 μm 的含量为 4.0%。这可能表示：当织物中直径≥25 μm 的羊毛纤维的含量过高时，通过一些新的纺纱技术或者整理手段同样可以降低织物的刺痒性能。

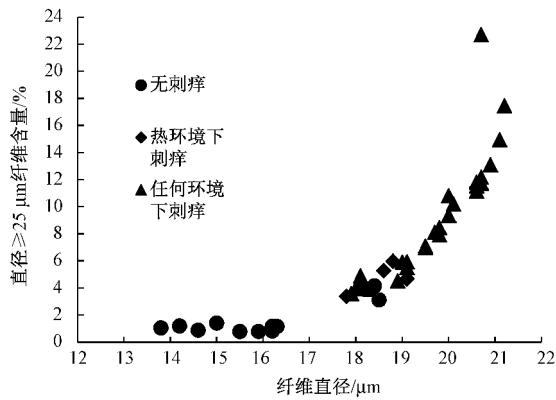


图6 服装的MFD和直径≥25 μm的羊毛纤维含量的关系

图6中虽然无刺痒和刺痒的织物有些重叠,但大部分无刺痒织物和刺痒织物之间还是有明显的分界。另外需要指出的是,在实际的穿着试验中,由于试穿员之间的皮肤感觉差异,即使是棉织物或超细羊毛织物很难有1件服装被所有的试穿员评为绝对的无刺痒。

实际穿着试验中,试穿员之间的差异对评分分析影响较大。图6中纤维直径的空档区更增加了制定临界值的难度,因而本文中根据实际使用情况,确定2个医用规格为纤维直径≤17.5 μm和直径≥25 μm的羊毛纤维含量≤2.0%。这2个临界值在图6中大致也处于无刺痒与刺痒织物分割区的中央,基本符合线形分类法的原则。

对直径的其他指标如直径离散系数、可纺细度以及卷曲度的分析,与穿着试验的刺痒值之间没有显著性的关系,所以没有被列入医用规格。

3.4 织物的舒适度指数(CI)

表2为织物的舒适度指数(CI值)与穿着试验各项指标之间的线性相关系数。可以看出,舒适仪的CI值与所有环境下的3个刺痒指标,如刺痒、触痒和糙痒之间高度相关。同时,CI值也与表示热、湿传导性能的指标,如热湿感、塌贴感、冷凉感和吸汗感在一定的环境条件下显著相关。因而,CI值与总的不舒适感高度相关。这也进一步说明了新开发的毛织物舒适仪有着更广泛的实际应用价值。

图7为MFD和CI值之间的关系。可以看出:CI值设定为200可以很好地区分刺痒服装与无刺痒服装。同时通过舒适仪的测试,可以识别出服装在热环境下刺痒的4件服装,即使这些服装是由通常认为无刺痒的低于18.5 μm的羊毛做成。

另外要注意的是标号为G002(CI值为228)、G050(CI值为362)和G052(CI值为354)的服装,其CI值都超过了200的临界值。图中的无刺痒服装和热条件下刺痒服装与刺痒服装的重叠,从另一

个角度说明还有其他的织物性能或规格,例如与热和湿传导有关的性能,会影响到织物的刺痒性能。或者这些重叠来自于试穿员对刺痒性能评分的不确定性,这些问题还需要作进一步的探讨。

表2 舒适仪的CI值与穿着试验指标之间的相关系数

指标	冷环境	热环境	热环境下走路运动	热后冷环境	与平均值的相关系数
吸汗感	0.00	0.10	0.57	0.45	0.55
塌贴感	0.58	0.63	0.61	0.57	0.64
冷凉感	0.32	0.00	0.00	0.57	0.38
潮湿感	0.00	0.32	0.34	0.36	0.40
负重感	0.09	0.29	0.25	0.19	0.25
触痒感	0.78	0.73	0.73	0.84	0.82
热湿感	-0.03	0.11	0.43	0.60	0.45
刺痒感	0.74	0.84	0.61	0.80	0.79
糙痒感	0.79	0.66	0.69	0.78	0.78
出汗感	0.00	0.33	0.29	0.42	0.43
总体不舒适感	0.71	0.79	0.64	0.74	0.77

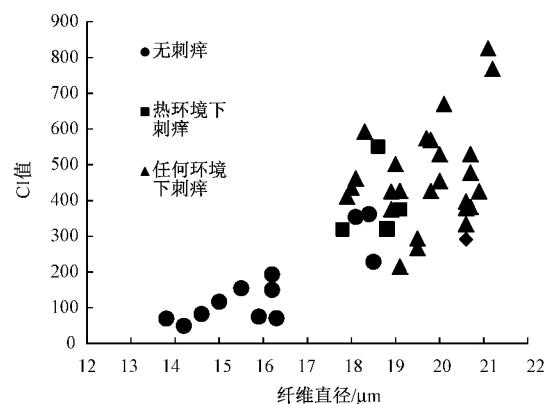


图7 MFD和舒适仪CI值之间的关系

3.5 医用规格的有效性

如果把以上建立的医用规格应用于44个纯毛或者山羊绒的服装,其有效性验证结果见表3。表中最后2列表示了各个规格单独验证的结果,而表中最后2行表示了同时应用各个规格的验证结果。一方面,表中对无刺痒服装分类的错误率全部为零,表示了对无刺痒服装建立的医用规格比较稳健;另一方面也表示了有些无刺痒服装被分类为刺痒类(即非零的假错误率),所以该医用规格还需要完善,需要考虑其他的规格,以便涵盖更广泛的织物性能。

4 结论

本文通过多元变量的数据分析成功地将穿着试验的服装分为无刺痒、热环境下刺痒和刺痒3类,相关分析进一步揭示了刺痒性能是决定纯毛服装贴身

穿着舒适性的关键因素。毛织物舒适仪所测试的织物舒适指数与试穿指标之间存在高度的相关性,充分说明了织物舒适仪可以用来测试毛织物的穿着舒适性。结合现有的纤维直径测试仪器,本文在纤维和织物2个环节,对过敏性皮肤贴身穿轻薄毛织物的主要医用规格建议为:毛织物舒适仪CI值 ≤ 200 或者羊毛纤维平均直径 $\leq 17.5\ \mu\text{m}$,且直径 $\geq 25\ \mu\text{m}$ 的粗纤维含量 $\leq 2.0\%$ 。

表3 使用穿着试验的全毛服装对建立的医用规格的验证结果

规格标准	无刺痒 服装 件数	刺痒(包括 在热环境 下刺痒) 服装件数	假准确 率/%	假错误 率/%
分类的服装数	12	32		
MFD $\leq 17.5\ \mu\text{m}$	12 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
纤维直径 $\geq 25\ \mu\text{m}$ 的羊毛纤维含 量 $\leq 2.0\%$	9 (75%)	0 (0%)	0 (0%)	3 (6.8%)
CI值 ≤ 200	9 (75%)	0 (0%)	0 (0%)	3 (6.8%)
假准确率(满足全部规格)	0 (0%)	0 (0%)		
假错误率(满足全部规格)	3 (6.8%)	0 (0%)		

参考文献:

- [1] ZALLMANN M, SMITH P K, TANG M L K, et al. Debunking the myth of wool allergy: Reviewing the evidence for immune and non-immune cutaneous reactions [J]. *Acta Derm Venereol* 2017, 97: 1 - 10. doi: 10.2340/00015555-2655.
- [2] SU J C, DAILEY R, ZALLMANN M, et al. Determining effects of superfine sheep wool in Infantile Eczema (DESSINE): a randomized paediatric cross over study [J]. *British Journal Dermatology* 2017, 177: 125 - 133.
- [3] GARNSWORTHY R K, GULLY R P, KENINS P, et al. Identification of the physical stimulus and the neural basis of fabric-evoked prickle [J]. *J Neurophysiol*, 1988, 59(4): 1083 - 1097.
- [4] NAYLOR G R S, PHILLIPS D G, VEITCH C J, et al. Fabric-evoked prickle in worsted spun single jersey knitted fabrics part I: The role of fibre end characteristics [J]. *Textile Res. J*, 1997, 67(4): 288 - 295.
- [5] NAYLOR G R S, PHILLIPS D G. Fabric-evoked prickle in worsted spun single jersey knitted fabrics part II: the role of fibre length, yarn count and fabric cover factor [J]. *Textile Res. J*, 1997, 67(5), 354 - 358.
- [6] NAYLOR G R S, PHILLIPS D G. Skin comfort of wool fabrics [C] // Proceedings of the 9th International Wool Textile Research Conference. Biella. IWTO, 1995: 203 - 209.
- [7] IWTO. Measurement of the mean and distribution of fibre diameter using the sirolan-laserscan fibre diameter analyser: IWTO-12-2012 [S]. Brussels, BELGIUM: 2012.
- [8] IWTO. Measurement of the Mean and Distribution of Fibre Diameter of Wool Using an Optical Fibre Diameter Analyser (OFDA): IWTO-47 - 2013 [S], Brussels, BELGIUM: International Wool Textile Organisation, 2013.
- [9] RAMSAY D J. Apparatus and method for providing a measurement of the prickle propensity of a fabric, yarn or garment surface having protruding fibre ends. PCT/AU2010/000009 [P]. 2010 - 07 - 15
- [10] RAMSAY D J, FOX D B, NAYLOR G R S. An instrument for assessing fabric prickle propensity [J]. *Textile Research Journal* 2012, 82: 513 - 520.
- [11] TESTER D H. Relationship between comfort meter values and the prickle rating of garments in wearer trials [J]. *Animal Production Science* 2010, 50: 1077 - 1081.
- [12] WANG H, QUINIOU C, NAEBE M, et al. Predicting Fabric Prickle Propensity by Testing Yarns on the Wool ComfortMeter [C] // the 85th IWTO Sydney Congress, Brussels, BELGIUM: International Wool Textile Organisation, PG01, 2016.
- [13] BRUCE A, McGregor, MARYAM Naebe, STANTON John, et al. Relationship between wearer prickle response with fibre and garment properties and Wool ComfortMeter assessment [J]. *Journal of the Textile Institute*, 2013, 104(6): 618 - 627.
- [14] STANTON J H, SPEIJERS J, NAYLOR G R S, et al. Skin comfort of base layer knitted garments. Part I: description and evaluation of wearer test protocol [J]. *Textile Res. J* 2014, 84(13), 1385 - 1399.
- [15] IWTO. Draft Test method For the Skin Comfort of Finished Wool Fabrics and Garments: IWTO - DTM - 66: 2016 [S]. Brussels, BELGIUM: International Wool Textile Organisation, 2016.