Effects of Support Pantyhose with Loop Length Controlled in the Course Direction on the Swelling of Lower Legs, Fatigue and Comfort

NAKAHASHI Miyuki*, MOROOKA Harumi**, NAKAJIMA Chie***,
SATO Seizo****, and MOROOKA Hideo*****

*, ***** Nara Women's University, Kitaoyahigashi-machi, Nara, 630-8506 Japan

** Toyama University, 3190, Gofuku, Toyama, 930-8555 Japan

, * Asahi Chemical Industry Co., LTD. Takatsuki, Osaka, 569-0096 Japan

Received 14 June 2000 ; accepted for Publication 17 January 2001

Abstract

This paper aims to clarify wear performance of trial support pantyhose of which front pressure was lower by being controlled loop length in course direction. Experiments for examining effects of trial pantyhose on swelling of lower legs, fatigue (Reaction time (RT), Flicker value (FV)), compressive feeling and comfort were made. As subjects, thirty-three women working in a department store were employed.

The results obtained were as follows:

- 1) When the mean clothing pressure of pantyhose is higher, the swelling of lower legs (Sw) became smaller significantly. In a case of $Sw > 0$, the trial pantyhose were more effective than the pantyhose on the market.
- 2) Increase in RT of three kinds of pantyhose after work was smaller significantly than that of a pantyhose with the lowest clothing pressure in all samples used. There was no significant difference in FV.
- 3) Score of compressive feeling of trial pantyhose was lower than that of the pantyhose on the market.
- 4) Compressive comfort of the trial pantyhose knitted in single covered yarn was almost independent on the preference of the clothing pressure.

Key Words : Support pantyhose; Swelling; Fatigue; Comfort; Compressive feeling

コース方向にループ長をコントロールしたサポートパンティ ストッキングの脚部の浮腫，疲労度および圧快適性への効果

中橋 美幸*, 諸岡 晴美**, 中島 千恵***, 佐藤 精三****, 諸岡 英雄*****

連絡先：*会員，奈良女子大学人間文化研究科，奈良市北魚屋東町，

富山大学教育学部，富山市五福3190，TEL & FAX. 076-445-6344，

旭化成(株)繊維商品科学研究所，高槻市八丁畷町11-7，TEL. 0726-85-4559，FAX. 0726-85-4573，****会員，同左，*****

会員，奈良女子大学生活環境学部，同上，TEL. 0742-20-3470，FAX. 0742-20-3499，

**会員，

***非会員，

1. 緒 言

筆者らは、これまでの研究において、生理的にも心理的にも快適な衣服圧をもつサポートパンティストッキング（以後、PS とする）を開発することを目的として一連の研究を行ってきた。その結果、サポート力の大きいPS が、下腿部の浮腫を抑制する効果をもつことが明らかとなった[1]。しかし、脚部末梢部の皮膚血流量を大きく減少させること[2]、また、高い衣服圧を好まない女性にとってはかなりの心理的不快感を伴うこと[3]など、問題点も明らかになってきた。

一般に、サポート PS の衣服圧分布は、体幹側（大腿部）から末梢部（足首部）にかけて順次高くなるよう、ウェール方向にコントロールされている。しかし、前述の問題点を解決するためにはコース方向の衣服圧分布も検討する必要があると考え、これに関連した基礎的な研究をこれまで行ってきた。その結果、下腿部周径の約25%を非加圧にすることで、末梢部の皮膚血流量の減少を抑制できることをモデル実験で明らかにした[4]。また、下腿部の脛骨にあたる前面部分で、できるだけ衣服圧を低くした膝下ストッキング（足なし）が圧感覚を低下させるのに有効であることを、実験室内での実験で明らかにしてきた[5]。

そこで本研究では、サポート PS の衣服圧分布をウェール方向のみならず、コース方向においてもコントロールしたサポート PS を試作し、その有用性をフィールド実験により明らかにすることを目的として、試作 PS が脚部の浮腫および疲労度（全身反応時間およびフリッカー値）に及ぼす影響と圧感覚および圧快適性に及ぼす影響について検討する。

2. 実験方法

2.1 試 料

着用実験に用いた試料の詳細を表 1 に示す。試料はすべてゾッキ構造（カバード糸100%）である。PS 2 および PS 3 は試作 PS であり、それぞれポリウレタン糸（芯糸）の太さが44dtex のシングルカバード糸（SCY）およびダブルカバード糸（DCY）からなる。これまでの研究結果に基づいて、下腿部前面を中心とする周径寸法の約25%で後面より衣服圧をできるだけ低く設計するため

Table 1 Samples

Sample	Structure	Core yarn (dtex)	Covering yarn (dtex)	Remarks
PS1	Zokki support	U 17	N 17×2 (DCY)	on the market
PS2	"	U 44	N 13 (SCY)	trial
PS3	"	U 44	N 9×2 (DCY)	"
PS4	"	U 22	N 11×2 (DCY)	on the market

U:polyurethane, N:nylon,
DCY:double covered yarn, SCY:single covered yarn
Zokki support is knitted only in covered yarn.

に、ウェール数400針のうち90針において、ステッチカムを通常下げ幅より0.6mm 下げることによりループ長を大きくした。PS 2 および PS 3 の下腿前面部分のループ長は、ともに後面の約1.1倍であった。また、PS 1 および PS 4 については、市販されている平編構造のサポート PS の中からポリウレタン糸が17dtex のできるだけ衣服圧の低いもの（PS 1）、ポリウレタン糸が22dtex のできるだけ衣服圧の高いもの（PS 4）を選択した。

図 1 は、試料 PS の衣服圧プロフィールを示している（大腿部および下腿部については前面と後面、他は前面の衣服圧）。着用実験で用いた試料 PS の他に、対照試料として、市販 PS の中で最も衣服圧が高いと思われるポリウレタン糸が156dtex のメッシュ編構造のサポート PS（PS 5）を加えている。衣服圧は、標準体型の剛体脚型マネキン（下腿最大囲34.5cm）に装着したときの値であり、測定器には衣服圧測定装置（AMI3037-2）を使用し、直径20mm のエアパック型センサーに、厚さ約1 mm となるよう空気を約0.3ml 封入して用いた。

一般に、市販 PS は曲率半径が小さい下腿部前面で後面より高い衣服圧を示す[6]。PS 1、PS 4、PS 5 についてもそのような傾向が認められ、衣服圧が高いものほどその傾向が大きかった[5]。これに対して、今回試作した PS 2 および PS 3 の前面圧は後面圧とほぼ同様かやや低い。試作 PS 3 の後面圧は市販 PS 5 とほぼ同程度であるが、PS 3 の前面圧は PS 5 より約1.0kPa 低くなっており、PS 2 の前面圧は PS 4 とほぼ同程度であるが、PS 2 の後面圧で PS 4 より約0.7kPa 高くなっていることがわかる。PS 2 と PS 3 はステッチカムの変更条件を同一に

Fig. 1 Clothing pressure profile in a case of mannequin
PS 2, PS 3 : Trial pantyhose
PS 1, PS 4, PS 5 : Pantyhose on the market

して製編したものであるため、両者の衣服圧分布は類似している。しかし、SCYからなるPS2より、DCYからなるPS3は各部の衣服圧が約0.3kPa高くなっている。また、ウェール方向については、試作PSの衣服圧は44dtexという太いポリウレタン糸を使った割に、22dtexのPS4より下腿後面以外の大腿部～膝部、足首部～足部でサイズ調節により衣服圧が低くなるように設計したため、約0.3kPa低くなっている。

2.2 被験者

デパートに勤務する女性販売員を対象に、長時間立位作業に携わり、かつ実験協力を受諾した者の中から、できるだけ年齢層が広がるように33名を選択した。表2には、年齢、身長、体重、下腿最大囲、体脂肪率、BMIの被験者の平均値および標準偏差を示している。年齢の範囲は18～58歳であった。また、被験者の身体寸法を文献値[7]と比較するため、項目の合致した身長および下腿最大囲でみると、年齢層ごとに全国平均値より+1～2cm大きかった。そのために、身長およびヒップ囲からなるPSの適合サイズは、Mサイズ3名、Lサイズ30名と、Lサイズ対応の被験者が多かった。

被験者は、適合サイズのPSを1日（約9時間）1足着用することとし、計4日間着用実験を行った。

なお、PSの着用順序は被験者ごとにランダムとした。

2.3 生理量の測定

被験者は、勤務前および勤務終了後に素足になり、以下の生理量を計測した。

(1) 浮腫の計測

脚部の浮腫の指標として、勤務前後における下腿最大囲の寸法増加をマルチン式テープメジャーを用いて正立位において計測した。測定部位には油性フェルトペンで印を入れ、勤務前後で測定部位がずれないように配慮した。

(2) 全身反応時間の測定

疲労度の指標として、被験者が赤色の光刺激を認知してからジャンプ動作に至るまでの反応時間を測定した。測定器には全身反応測定器Ⅱ型(竹井機器工業株式会社)を用い、各被験者2～3回練習を行った後に連続して10回測定し、その平均値を算出した。

一般に、疲労とは精神的、肉体的に作業の量や能率が低下する状態と定義されていることから[8]、全身反応

時間が遅いほど疲労度が大きいと判断される。

(3) フリッカー値の測定

同様に、疲労度の指標として、TKK ポータブルフリッカー（竹井機器工業株）を用い、光の点滅速度を継続的に減少させ、被験者がそれを連続光と見えるか、断続光と見えるかの境界における閾値、すなわちフリッカー値を測定した。被験者は椅座位とし、5回繰り返し測定し、その平均値を算出した。

2.4 心理的主観評価

被験者は、勤務終了後、PS着用のままで大腿部および下腿部における圧感覚（弱い1点～強い10点）、圧快適感（不快1点～快適10点）について、アンケート用紙に記入した。

なお、各被験者は本実験に入る前日に4種のPSを試着し、アンケート記入の方法についてオリエンテーションを受けた。

3. 結果と考察

3.1 脚部の浮腫

図2は、下腿部における浮腫（Sw）とPSの下腿後面圧（P_B）および前後内外4か所の平均圧（ $\bar{P}$ ）との関係を示したものである。SwはP_B、 $\bar{P}$ に大きく依存し、衣服圧の高いPSの順にSwが比例的に小さくなることがわかる。しかし、詳細にしてみると、PS4はP_Bの割にSwがやや小さい。このことは、PS2、PS3の下腿前面圧が小さいのに対して、PS4では前面圧が後面圧より高いためであると思われる。すなわち、脚部の浮腫の抑制は平均圧により大きく依存しているものと考えられる。以下、平均圧 $\bar{P}$ でみる。

Swは $\bar{P}$ の高い順に、PS3では0.7mm、PS2では1.1mm、PS4では1.3mm、PS1では3.2mmであった。統計的検定でも、PS1に対して、他のPS着用時の浮腫は有意に小さくなることがわかった（ $p<0.01$ ）。

次に、被験者の中には勤務後の脚部寸法が勤務前より小さくなる場合がみられたので、このような被験者は高い衣服圧をもつサポートPSを着用する必要のない、むしろ生理的には着用しない方が良い[1]女性であると考えられることから、Sw≤0のデータ（PS1～PS4の順に、5名、13名、15名、15名）を除き、Sw>0のデー

Table 2 Physical characteristics of subjects

Number of subjects	Age (years)	Height (cm)	Weight (kg)	Calf girth circumference (cm)	Fat (%)	BMI ¹⁾
33	34.3±12.8	158.2±5.0	54.5±7.1	35.0±2.5	24.4±4.5	21.8±2.7

1) Weight(kg)/Height(m)²

Fig. 2 Relationship between swelling on lower legs (Sw) and clothing pressure (P_B) or ($\bar{P}$)

タのみを用いて、再度検討した。その結果は先程と同様に、SwはPが高い順に小さく、PS3では2.7mm、PS2では2.8mm、PS4では3.4mm、PS1では4.0mmであった。この場合、PS1に対して、PS2およびPS3着用時の浮腫減少に有意差が認められたが ($p < 0.01$), PS4では有意でなくなった。すなわち、試作のPS2、PS3の着用は、市販のPS1、PS4に比べて、脚部が浮腫やすい人にとってより効果的であると判断できる。

なお、Sw < 0で、勤務後に下腿部周径が小さくなっ

た被験者はPS1～PS4の順に2名、8名、10名、8名であり、平均値はどのPSにおいても約-0.2mmであった。すなわち、PS2、PS3は、浮腫減少効果が大きかった割には、1日着用後の下腿部のつぶれ（圧縮方向の塑性変形）の少ないPSであることがわかった[1]。

3.2 全身反応時間への影響

図3 (a) は、勤務前後における反応時間 RTを示している。被験者により RTの値が大きく異なったため標

Fig. 3 Reaction time(RT)and difference of that before and after work(ΔRT)

Fig. 4 Difference in flicker value before and after work(ΔFV)

準偏差がかなり大きくなっている。まずはじめに、勤務前後の RT を比べてみると、PS 4 を除く他の PS で勤務後の RT が大きく、反応時間が遅くなっていることがわ

かる。特に、PS 1 では約20ms 有意に RT が増大した ($p < 0.05$)。一方、PS 4 では勤務前後の RT が逆転している。着用順序をランダムとしたので曜日によるものとは考えられないが、PS 1 着用日より有意に勤務前 RT が高かった。

そこで次に、各被験者ごとに勤務前後における RT の変化量 ΔRT (=勤務後 RT - 勤務前 RT) を算出した後、被験者平均を算出した (図 3 (b))。 ΔRT は PS 1 で22.4 ms と最も大きく、これに比べて PS 2 で-1.6ms ($p < 0.05$)、PS 3 で12.3ms ($p < 0.01$)、PS 4 で-12.2ms ($p < 0.01$) と PS 1 より有意に小さかった。すなわち、PS 2、PS 3 および PS 4 の着用が、疲労度の軽減に有効であると判断された。

3.3 フリッカー値への影響

フリッカー値 FV についてはかなりの個人内変動がみ

Fig. 5 Relationships between compressive feeling and clothing pressure P_F or $\bar{P}$ on lower leg

Fig. 6 Relationships between compressive feeling and clothing pressure P_F or $\bar{P}$ on thigh

られた。そこで、特に勤務前FVのばらつきが着用日により大きく異なった被験者6名を除いて、PSごとに勤務前後の変化量 ΔFV (=勤務前FV-勤務後FV、疲労度が大きいほど数値が小さくなるため)の平均値を求めた。結果を図4に示す。すべてにおいて有意差はみられなかったが、 ΔFV はPS1で0.4c/sと大きく、これに対してPS2では0.2c/s、PS4では0.1c/sとPS1より小さかった。しかしながら、PS3の ΔFV は0.4c/sとPS1と同程度であり、フリッカー値への効果はみられなかった。

3.4 脚部におけるPSの圧感覚

下腿部における圧感覚と、前面圧 P_F および平均圧 $\bar{P}$ との関係を図5に示す。図中の直線は、PS1とPS4を結ぶ直線であり、市販品の衣服圧と圧感覚との関係を示すものである。PS2、PS3の圧感覚は、 P_F からみると、図中の直線にかなり近似しているが、 $\bar{P}$ からみると、市販品より約2点程度圧感覚が小さいことがわかった。

この結果は、女子大学生および中年層の女性18名を被験者とした着用時の衣服圧を用いた場合[5]と同様の結果であり、被験者数を拡大した今回のフィールド実験でも圧感覚が下腿前面圧に依存することが認められた。

図6は、大腿部における圧感覚と P_F 、 $\bar{P}$ との関係を示したものである。大腿部においては、図1にみられるように前後の衣服圧分布にPS2、PS3とPS4との相違がみられないため、 P_F においても $\bar{P}$ においても圧感覚との関係に直線関係がみられた。ここで、大腿部前面と下腿部前面の衣服圧と圧感覚との関係を見るために、図中の直線の傾きをみてみると、大腿部では下腿部の約4.7倍と大きく、このことは、大腿部での圧感受性の大きいことを示唆しており[9]、PS2~PS4の大腿部での衣服圧の差が小さい割に圧感覚の差が大きかった。

3.5 脚部における圧感覚と快適感との関係

これまでの研究において、高い衣服圧をもつPSを好む女性とそれを好まない女性がいることがわかっていく[1,9]。そこで4種のPSの中で最も衣服圧の低いPS1を最も快適であると評価したグループW(L)と、PS1以外の衣服圧の高い他の3種のPSのうちのいずれかについて最も快適であると評価したグループW(H)に分けて検討した。前者は高い衣服圧を好まないグループであり、後者は好むグループであるとみなすことができる。W(H)は27名と全体の約80%を占め、デパートに勤務する女性販売員の場合、高い圧を好む女性が圧倒的に多いことがわかった。これに対して、W(L)は6名と少なかったが、衣服圧の高いPSを好まない女性もみられた。

図7は、下腿部および大腿部における圧感覚と快適感との関係について、それぞれグループ別にプロットし、近似曲線を示したものである。また、両グループ間の感覚の相違をみるために、両グループの評価点をPSごとに矢印で結んでいる。下腿部においては、両グループは上に凸の2次曲線で表され、圧感覚がW(L)では約4点、W(H)では約5.5点で快適感が最大となり、圧感覚の最も大きかったPS3の快適感評価は低かった。

次に、快適感における両グループ間の評価点の差は、 $PS1 > PS3 > PS4 > PS2$ の順に大きく、PS1およびPS3においては有意差が認められた。PS2、PS4では両グループ間の評価点の差が各々約1点、約2点であり、PS2が最も被験者の衣服圧の好みに依存しないことがわかった。

大腿部においては、W(L)は右下がり、W(H)は右上がりであり、両者は圧感覚が約5点で交差した。すなわ

Fig. 7 Relationships between comfort and compressive feeling on lower leg or thigh

ち、W (L) は圧感覚が小さいほど快適であると評価し、W (H) は圧感覚が大きいくほど快適であると評価した。

また、快適感における両グループ間の評価点の差には有意差はなかったが、PS 1、PS 3、PS 4 では約 2 点、PS 2 では約 1 点と最もグループ間の差が小さかった。以上のことから PS 2 は、下腿部、大腿部ともに、被験者の衣服圧の好みに大きく依存しない PS であることがわかった。

一方、被験者の属性による違いをみるために、女子大学生 10 名（年齢 21.1 ± 0.8 歳、身長 156.8 ± 1.9 cm）を追加して同様の着用感評価を行なったところ、高い衣服圧を好むグループが 6 名、それを好まないグループが 4 名と、両者の人数比率はデパート販売員の結果と異なり、低い圧を好む女性が多かった。しかし、グループごとの圧感覚と快適感との関係は先の結果とほぼ同じ傾向を示すことがわかった。

3.6 アンケート自由記述の中からの PS3 についての問題点

PS 3 は図 5 にみられるように、下腿部の衣服圧が今

回用いた PS の中で最も高く、圧感覚も大きかった。アンケートの自由記述においても“ややきつすぎる”との意見がみられた。また、PS 3 は着用中にパンティ部がずり落ちて不快であったとの申告もみられた。

そこで、PS 布の引張り特性の測定を試みた。カトーテック製の引張り・せん断測定機 (KES-FB 1) を用い、引張り速度を 0.2mm/sec とし、最大荷重 785N/m まで測定した。PS をマネキンに装着し、つかみ幅 5 cm、つかみ間隔 2.5cm に油性ペンで印をつけ、その後脱着して静置状態で、供試料布の寸法を長さ 7.5cm×幅 9.0cm とし、つかみ幅 5 cm になるよう厚紙で挟み接着剤で固定した。また、試料をチャックにつかむ前に電氣的に 0 をとり、その後、つかみ間隔 2.5cm の印に合わせてチャックに固定した。

結果を図 8 に示す。伸びひずみ 0 は正立位状態での張力を示しており、その後の伸びは動作時の皮膚伸びに応じて伸びた時の張力とみることができる。例えば、作業中の膝の屈伸による皮膚の伸びは、最大でウェール方向に約 60%、コース方向に約 40% である [10]。全体的にみて、PS 1 は最も伸び抵抗が小さく、PS 2 と PS 4 はほぼ

Fig. 8 Tensile properties of pantyhose of the front and back parts of lower leg

同程度、PS 3 が最も伸び抵抗が大きく、伸びにくいことがわかる。すなわち、PS 3 は着用動作中の伸び抵抗が大きく、このため、パンティ部のずりが生じたものと考えられる。PS 2, PS 3 ともにポリウレタン糸44dtexのゾッキサポート PS であったが、カバード糸の構造が異なっていた。PS 2 は SCY, PS 3 は DCY であったことから、サポート糸は SCY とするのが望ましいと思われる。

4. 結 言

脚部周径の前面約25%においてループ長を大きくすることにより、前面圧を低く設計したサポート PS (PS 2, PS 3) を試作し、その着用性能を市販 PS (PS 1, PS 4) と比較検討した。試作 PS が脚部の浮腫および疲労度(全身反応時間, フリッカー値), 圧感覚および圧快適性に及ぼす影響を明らかにした。結果は以下の通りである。

- 1) 下腿部の浮腫 (Sw) の度合いは、PS の下腿後面圧に比べて平均圧 ($\bar{P}$) により大きく依存し、 $\bar{P}$ が約 1.3 kPa の PS 1 に比べて、約 2.5 kPa 以上の衣服圧の高い PS 2, PS 3, PS 4 で有意に小さくなった。しかし、浮腫の大きい被験者 ($Sw > 0$) のみでみた場合、PS 2, PS 3 のみ有意であった。
- 2) PS 1 と比べて、他の 3 種の PS では、勤務後の全身反応時間の増加が有意に小さく、疲労度を軽減すると判断された。フリッカー値については、PS 2, PS 3, PS 4 とともに PS 1 との相違はみられなかった。
- 3) 前面圧の低い試作 PS において、下腿部の圧感覚が

市販 PS より小さく評価されることがわかった。

- 4) 圧快適性については、SCY からなる試作 PS 2 が、下腿部においても大腿部においても、被験者の衣服圧の好みに大きく依存しない PS であることがわかった。しかし、DCY からなる試作 PS 3 の圧快適性は低かった。その理由として、伸び抵抗が大きいたことが挙げられた。

以上のことから、PS 2 は浮腫や疲れを抑制し、高い衣服圧を好まない女性にとっても快適に着用できる PS であることがわかった。

References

- [1] Morooka, H., Kawa, H., Morooka, H.; Jpn. Res. Assn. Text. End-Uses, **36**, 389 (1995)
- [2] Morooka, H., Nakahashi, M., Morooka, H.; Jpn. Res. Assn. Text. End-Uses, **38**, 324 (1997)
- [3] Kawa, H., Morooka, H., Kitamura, K., Morooka, H.; Jpn. Res. Assn. Text. End-Uses, **36**, 491 (1995)
- [4] Nakahashi, M., Morooka, H., Morooka, H.; Jpn. Res. Assn. Text. End-Uses, **39**, 392 (1998)
- [5] Nakahashi, M., Morooka, H., Morooka, H., Hiraga, S., Deguchi, J.; Jpn. Res. Assn. Text. End-Uses, **40**, 661 (1999)
- [6] Itoh, N., J. Home Econ. Jpn., **44**, 291 (1993)
- [7] "Japanese body size data 1992-1994", Research Institute of Human Engineering for Quality Life (1997)
- [8] Nakano, S., Shigeta, S.; "Zusetsu karada no jiten", p. 415, Asakura shoten (1992)
- [9] Nakahashi, M., Morooka, H., Morooka, H.; Jpn. Res. Assn. Text. End-Uses, **41**, 756 (2000)
- [10] W. Kirk, S. M. Ibrahim; Text. Res. J., **36**, 37 (1996)