

体脂肪燃焼効果を增強する衣服の開発

信州大学 三野 たまき
(共同研究者) 金沢大学 森島 美佳

Development of Clothes to Promote a Body Fat Burning Effect

by

Tamaki Mitsuno

Faculty of Education,

Institute of Education, Shinshu University

Mika Morishima

Faculty of Education,

Institute of Human and Social Sciences, Kanazawa University

ABSTRACT

Aim: Physical exercise is important for limiting fat mass and preventing obesity. During the low temperature phase of the menstrual cycle, in women, aerobic exercise before lunch is effective in helping maintain lipid consumption. This study aimed to clarify the conditions under which body fat is easily consumed during aerobic exercise, which can be easily performed. We also aimed to clarify the effect of supported pants on consumption of body fat.

Methods: The subjects were eight young Japanese females aged 20s who were slightly a slender to obese one (BMI: 18.7-24.5). They woke at 06:00 after 7 hours of sleep and took the prescribed diet until 07:30. They then entered a climate-controlled room (24.5°C , 50.0%). Subjects were seated for one hour while wearing a short-sleeved 100% cotton t-shirt and one of the following: 100% polyester running pants

(A), basic pants with 80D yarn (B), 80D yarn pants with a partial modification of pressure with supporting material (C), or 110D yarn pants with the same design as C (D) made from the preliminary experiment. They then engaged in aerobic exercise with loads from 40% to 65% of the maximum heart rate and a total of 30 minutes exercise. Respiratory metabolism and heart rate were measured with a bicycle ergometer. The amount of energy/adipose/carbohydrate was calculated from RQs and oxygen intake.

Results/Findings/Conclusion: Total lipid consumption of aerobic exercise was reduced 12.2–16.1 times larger than control at rest. Body fat was reduced significantly larger (1.3 times) with C compared with A as control. C and D pants, which are partial compression garments, helped to reduce body fat more efficiently than A (non-compression garment) or B (constant compression garment). And if the same exercise intensity, the heart rate was controlled, but oxygen intake increased, it then was thought adipose consumption increased. Our findings show partial compression garments may be most effective in reducing body fat.

要 旨

肥満は生活習慣病などの様々な病気を引き起こす要因の一つであり、体脂肪を適切に保ちながら健康的な生活を送るためには、運動習慣を身につけることが重要である。本研究では有酸素運動下においてより脂肪を燃焼させる着圧パンツの開発を目的とした。被験者は20歳代女子8名で、呼吸代謝と心拍数を人工気象室(24.5℃, RH50%)内で測定した。半袖Tシャツに、4種類のパンツ(A:ポリエステル100%の無加圧、B:80Dのナイロンとポリウレタン糸の地編みの着圧ハーフパンツ、C:Bに部分加圧、D:Cと同デザインで110Dの地糸使用)を着用させた。エアロバイクを用いて有酸素運動を30分間与え、得られた呼吸商から消費エネルギー量(kcal/min)、糖質・脂質量(g/min)を求めた。また、静止時を基準にした相対脂質消費量は、A~Dの順に、12.3倍、12.2倍、16.1倍、14.2倍となり、かつAに比べCの消費量は1.3倍有意に多くなった。

緒 言

肥満は生活習慣病などの様々な病気を引き起こす要因の一つであり、体脂肪を適切に保ちながら健康的な生活を送るためには、運動習慣を身につけることが重要である。誰もが無理なく実施可能な有酸素運動に着目して、これまでその実施効果について研究してきた。例えば若年成人女性の場合、時刻、月経周期、季節の位相が体脂肪燃焼に関係することがわかった。月経周期の位相では低温期の方が高温期に比べ、有意に体脂肪が燃焼した¹⁾。一日の時刻では、朝食2時間後・昼食前・昼食2時間後・夕食前の、4時刻帯において同実験を実施したところ、昼食前の時刻帯で実施した体脂肪燃焼量は他の時刻帯で実施した結果よりも、有意に減少することがわかった²⁾。また、季節による影響では運動実施時刻を規定して調べたところ、脂肪消費量と被験者のBMIとの間には、有意な直線関係があった。すなわち、BMIが21.3以上の人は冬よりも夏に、これ以下の人は夏よりも冬に脂肪が燃えることがわかった³⁾。また、BMI23.5の、冬に脂肪が燃えにくい被験者におい

て、後述の研究計画の基本実験と同一の環境温度・湿度条件で、着衣量のみ半袖、ランニングパンツから長袖、長ズボン、毛糸の帽子、マフラー着用条件に増加させたところ、運動実施中の脂肪燃焼量には有意な差が無かった¹⁾。このことから、人体に最も身近な被服環境を温かく変えても、体脂肪はそれ程増えないことがわかった。その後、様々な予備実験を行った結果、BMIが21.3より大きい、冬には脂肪が燃焼しにくい被験者であっても、意図的に圧分布を体部位によって変えた着圧パンツを着用させると、体脂肪燃焼効率が上がることがわかった。そこで本研究では、着圧を強化する部位の妥当性と基本編みの着圧量を変えることを通して、従来着用していたランニングパンツと比較して、脂肪燃焼効率を検討することとした。これにより、より体脂肪を燃焼しやすい着圧パンツを開発することを目的とした。

1. 研究方法

被験者は健康で、規則正しい生活をしている、20歳代の成人女子8名であった。彼女らの身体的特徴を表1に示す。彼女らには本学の「ヒトを対象とした研究に関する倫理委員会」の審査を得て研究を実施している（承認番号128号）旨を説明し、実験協力に関して賛同が得られた方だけに協力していただいた。

1. 1 基本実験

信州大学人工気象実験システムを用い、環境温度：24.5±0.3℃、相対湿度：50±0.5%、気流：8.0±0.1cm/s、照度：827±27.0lxに設定した人工気象室内に被験者を入室させ、椅座位で1時間安静に過ごさせた。被験者が実験環境に慣れた後、実験衣（半袖Tシャツ：綿100%、ランニングパンツ：ポリエステル100%）に着替えさせた。なお以下の実験着と区別するため、これをパンツA（次項で述べる図2を参照）とする。

予め被験者ごとに設定した、心拍負荷65%（140～150拍/分）を上限とした、自転車エルゴメーター（STB-1400、日本光電）を用いた運動負荷と実施時間の関係を図1に示す。

有酸素運動を4段階の負荷強度（Step1～4）とクーリングダウン（Step1'：心拍負荷40%）をそれぞれ6分間、すなわち30分間実施させた。なお運動負荷前後に、無運動負荷時のコン

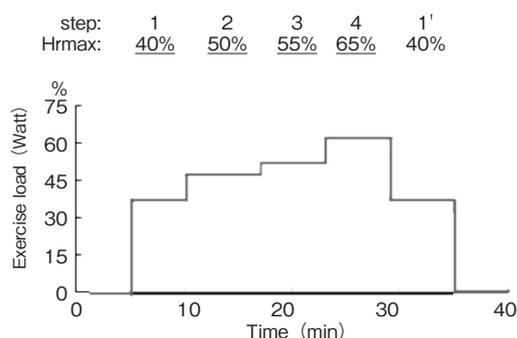


図1 Aerobic exercise loads for the subject

表1 Physical constitution of subjects

Subject	Age (Year)	Height (cm)	Weight (kg)	Girth items					Body fat (%)	BMI (kg/m ²)
				Waist (cm)	Hip (cm)	Tight (cm)	Upper knee (cm)	Under knee (cm)		
①	20	1.62	64.2	76.9	101.5	57.6	41.4	34.1	32.6	24.5
②	22	1.63	62.6	74.7	100.6	59.8	43.5	33.1	33.1	23.6
③	22	1.52	53.5	66.9	96.7	51.4	39.9	33.7	29.8	23.2
④	21	1.50	50.9	69.7	94.5	53.8	41.1	33	31.9	22.6
⑤	21	1.54	52.6	69.2	95.8	52.9	41.3	33.9	28.8	22.2
⑥	22	1.50	49.9	69.6	96.3	55.1	39.5	31.9	33.7	22.2
⑦	21	1.62	49.3	65.2	88.4	47.2	36.6	31.6	24.2	18.8
⑧	22	1.63	49.6	63.0	89.1	50.5	39.0	31.9	15.8	18.7
Average	21.4	1.60	54.1	69.4	95.3	53.5	40.3	32.9	28.7	22.0

トロールを5分間設定した。この40分間の呼吸代謝は、呼吸代謝装置（Vmax スペクトラ 29C, 日本光電, 承認 21500BZY00206000）を用いて、B×B法によって測定した。運度実施前後には、婦人電子体温計（MC-172L, オムロン, 認証 219AGBZX00041000）を用いて口腔温を、また、発汗量と不感蒸散量を算出するための着衣量と体重は、人体天秤（ザルトリウス）を用いて測定した。なお運動開始時刻を前述の、一日の内で最も脂肪の燃えやすい11時30分²⁾に設定した。

1. 2 比較実験

上記実験条件の内下衣を、以下に述べる3種類の着圧パンツに替えて着用させ、基本実験と比較検討した。なお、実験は各被験者の同一月経周期の低温期内の可能な限り近い4日間を選定した。

実験に用いたパンツを図2に示す。パンツAは前述のランニングパンツ（50D40本のマルチフィラメント糸使用、鹿の子編）である。パンツB、C、Dは着圧パンツで、パンツBは基本編地（ゴム編）の糸の太さを80Dで作成したもので、パンツCは、パンツBの口ゴムの内側から内腿と臀部を押し上げながら、両体側の腸骨稜にかけて帯状に着圧を強化したもので、パンツDはパンツCの地編み糸を110Dに変えたものであった。このように4種類の着衣条件で脂肪燃焼効率を比較した。

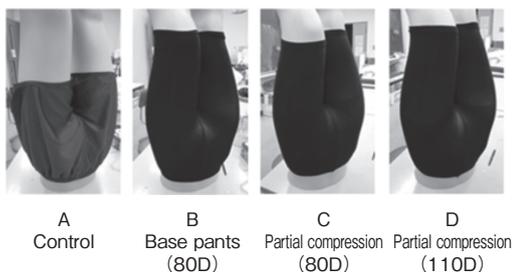


図2 Four kinds of experimental pants

1. 3 実験パンツの被服圧測定とその圧感覚評価

実験パンツ着用時の被服圧は、液圧平衡方式による被服圧計測システム⁴⁻⁷⁾を用いて、ウエスト・ローウエスト・ヒップ囲の12部位（前後正中線とこれより3cm体側寄りの垂線、左右の体側線・乳頭線・肩甲線との交点）と鼠蹊・大腿・口ゴム囲の4部位（前後正中線と左右の体側線との交点）の計48部位の被服圧を測定した。なお、パンツAの被服圧はほとんど発生していなかったため、圧測定を省いた。なお、圧感覚はウエスト、ローウエスト、鼠蹊、大腿、口ゴム部ヒップ、鼠蹊、大腿、口ゴム部の各6部位とその総合を、上昇法により提示された（提示順序はパンツB、C、Dとした）実験パンツ順に、比率尺度で評価させた⁸⁾。

これらの脂肪燃焼率、被服圧とその圧感覚の結果は、一元配置分散分析を用いてその有意性を確かめた後、scheffe法を用いて有意差検定した。

2. 研究結果

パンツAの被服圧はほとんど発生していなかったため除き、3種類の実験用着圧パンツの結果を、右半身の被服圧分布で図3に示す。図中の円グラフは圧測定部位を、黒色は被服圧を示す。どのパンツも前後正中線上よりも体側線寄りの測定部

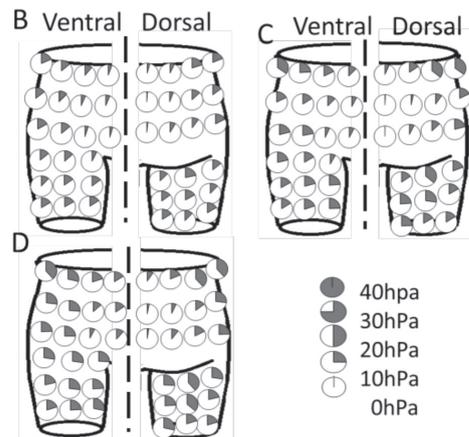


図3 Clothing pressure of three kinds of support pants From B to D show experimental pants (See 図2)

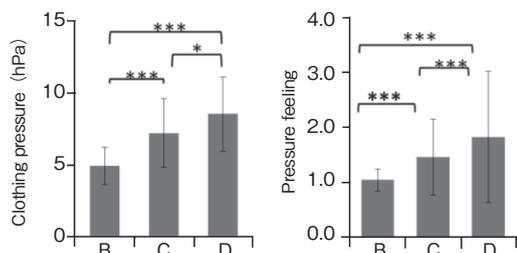


図4 Average clothing pressure and its pressure feeling
From B to D show experimental pants (See 図2)

位の被服圧が高いことが観察された。これらの値を実験パンツごとにまとめた被服圧と、その圧感を図4に示す。左図より、実験パンツの被服圧はBが 4.9 ± 1.3 hPa (Mean \pm SD), Cが 7.2 ± 2.4 hPa, Dが 8.5 ± 2.6 hPaで、有意に $B < C < D$ であった。その時の圧感覚は、“ちょうど良い”時を“1”とした時の“きつい”の値は、“ 1.66 ± 1.16 ”, “ゆるい”の値は“ 0.44 ± 0.34 ”であった。パンツAは 0.57 ± 0.22 , Bは 1.04 ± 0.21 , Cは 1.46 ± 0.69 , Dは 1.83 ± 1.19 で、有意に $B < C < D$ であった。つまり、パンツAはほぼ“ゆるい”と評価され、パンツBはほぼ“ちょうど良い”, パンツCは“ややきつい”, パンツDは“きつい”と評価された。

4種類のパンツにおける各被験者のRQを図5に示す。どの被験者も各運動負荷段階によってRQが変化したので、この値を用いてツツ・シュエンベルグ・ラスクの表から、運動段階ごとに脂質

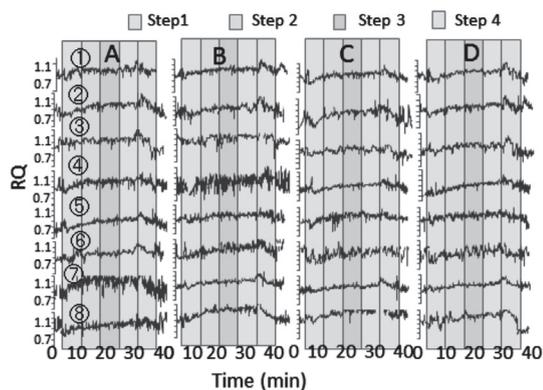


図5 RQ of four steps in aerobic exercise loads for all subjects
From A to D show experimental pants (See 図2)

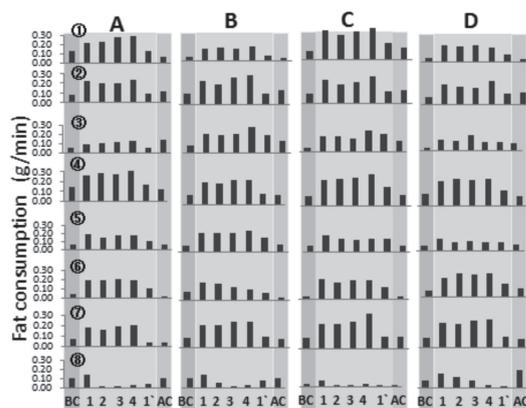


図6 Fat consumptions of four experimental pants
From A to D show experimental pants (See 図2)

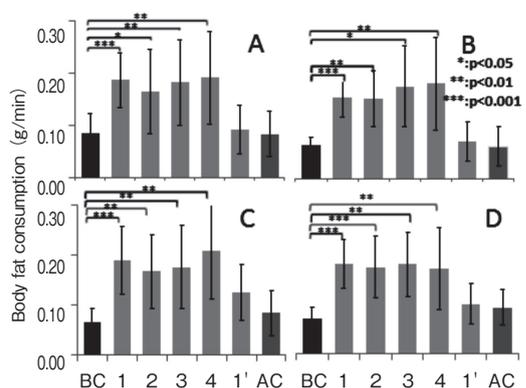


図7 Average of body fat consumption wearing experimental pants under each exercise loads
From A to D show experimental pants (See 図2). BC (AC) : before (after) control, 1to1' show aerobic exercise loads (See 図1)

消費量を求めた結果を図6に、これをまとめた結果を図7に示す。どの実験パンツであっても運動開始前のコントロールに比べ、運動中の脂質は有意に消費された。しかし、被験者①や④のように脂質消費量の多い被験者と被験者⑧のように少ない被験者がいたので、コントロールを基準とした相対脂質消費量に換算し、実験パンツごとにまとめた(図8参照)。すると、各パンツにおいて、運動開始前のコントロールの脂質消費量を基準の100%とした時に、パンツAでは12.3倍、パンツBでは12.2倍、パンツCでは16.1倍、パンツDでは14.2倍で、かつパンツAに比べパンツC着用時の消費量は1.3倍有意に多かった($P < 0.01$)。

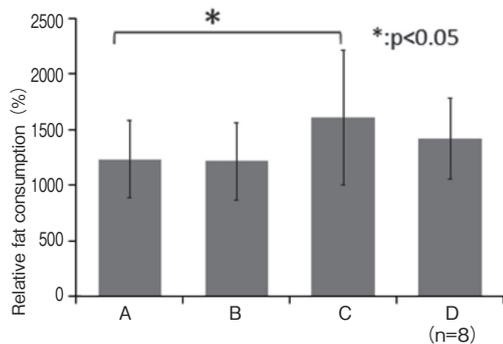


図8 Relative fat consumptions of four experimental pants
From A to D show experimental pants (See 図2)

すなわちパンツ C を着用して有酸素運動をすることで、効率よく体脂肪が消費できることがわかった。このように、被服圧がほとんど発生していないパンツ A (ハーフパンツ) より、ややきついと評価された部分加圧したパンツ C の方が、有意に脂質消費量が増加した。

3. 考察

本着圧パンツは、パンツ B と C は糸の太さが 80D で、パンツ D のみ 110D であった。また、パンツ B は基本編地で全体的に着圧されているが、パンツ C と D ではこれに加えて部分的にさらに加圧されていた。また、パンツ着用時の圧感覚は有意に B<C<D で、平均被服圧も同様に、有意に B<C<D であった。このように、着圧感や圧はパンツ B が最も良かったのであるが、脂質の消費量がコントロールより増したのはパンツ C のみであった。

これはパンツ C と D では内腿から下方の臀部を通り、両体側の骨盤にかけて、幅の広い伸縮性の高い帯を基本編み地に重ねて縫製したので、その帯が足の運動に伴って、脚の筋の走行に沿って伸び縮みし、脚の動きの助けになったと考えられる。ただし、糸が 80D (パンツ C) から 110D (パンツ D) になると、糸が太いので 80D のものよりも伸びにくくなり、被験者の動作の抑制につ

ながったと考えられる。なお、パンツ B の場合、周囲から均一な着圧が体表になされていたので、これも動きの抑制につながったと考えられる。今後、脚力のある被験者を含めて、パンツの部分加圧の強度と脚力の関係について、さらに検討する必要がある。

さて、被験者は今回 20 歳代の成人女性を対象としたが、実施する有酸素運動の負荷は心拍負荷 65% (130 拍/分) を上限とした。運動時の負荷強度は心拍数を基準にしているため、年齢を考慮した HRMAX から負荷強度を求めれば、高齢者にとっても再現しやすい運動負荷と言えるであろう (例えば 60 歳の女性ならば、最大運動負荷強度は心拍数 104 拍/分となる)。また、本研究で用いた自転車運動だけでなく、歩行やダンスなどの自分の好みの運動負荷に変えることが可能である。運動時間も 30 分間と、無理なく体を動かせる時間に設定しているため、日常生活における生活シーン (散歩や掃除) で比較的楽に再現しやすい、効果的な体脂肪を落とす運動強度や実施時刻、着用可能なサポートパンツについて提示できた。

4. まとめ

肥満は生活習慣病などの様々な病気を引き起こす要因の一つであり、体脂肪を適切に保ちながら健康的な生活を送るためには、運動習慣を身につけることが重要である。若年女性では有酸素運動下において、時刻、月経周期、季節の位相によって脂質消費量が変化することが知られている。そこで本研究ではこれらを統制した上で、より脂肪を燃焼させる着圧パンツの開発を目的とした。被験者は 20 歳代女子 8 名で、彼女らの月経低温期に朝食摂取 4 時間後に呼吸代謝と心拍数を、人工気象室 (24.5℃, RH50%) 内で測定した。実験着は半袖 T シャツに、4 種類の実験パンツ (A: ポリエステル 100% の無加圧、B: 80D のナイロンとポリウレタン糸の地編みの着圧のハーフパン

ツ, C: Bに部分加圧したもの, D: Cと同デザインで110Dの地糸使用したものを着用させた。エアロバイクを用いて有酸素運動を30分間与え, その前後に5分間ずつのコントロールを設定した。得られた呼吸商から消費エネルギー量 (kcal/min), 糖質・脂質量 (g/min) を求めた。また, 運動開始前コントロールの静椅座位を基準にした相対脂質消費量は, A~Dの順に, 12.3倍, 12.2倍, 16.1倍, 14.2倍となり, かつAに比べCの消費量は1.3倍有意に多くなった。このように, 無圧負荷時や80Dのニットで均一に着圧したパンツよりも, 帯で部分加圧した着圧パンツは, 脂質消費量を増やすことが検証された。

謝 辞

本研究は, 第37回公益財団法人石本記念デサントスポーツ科学振興財団によって研究助成された。記して感謝の意を表します。

文 献

- 1) 長保美也・三野たまき, 有酸素運動下の呼吸代謝に影響を及ぼす諸因子, 日本家政学会第64回大会要旨集(2012)
- 2) 篠原優布子・三野たまき, 呼吸代謝に及ぼす実施時刻の影響, 日本家政学会第65回大会要旨集(2013)
- 2) Mitsuno T., Consumer consciousness of Japanese women for swelling in the lower half of the body --Utility and regard for development of support knee-high-socks--, International Banff Center, Canada(2013)
- 3) 安藤優衣, 三野たまき, 有酸素運動下の脂質消費量に影響を及ぼす諸因子-脂質消費量を増すために-, 日本繊維製品消費科学 2014年次大会, 京都工芸繊維大学
- 4) 被服圧測定に関する研究(第1報) -液圧平衡方式平衡方式による被服圧測定-, 三野たまき, 間壁治子, 百田裕子, 上田一夫, 織消誌, 32, 362-367(1991)
- 5) 被服圧測定に関する研究(第2報) -液圧平衡方式平衡方式による被服圧測定-, 三野たまき, 間壁治子, 百田裕子, 上田一夫, 織消誌, 32, 368-372(1991)
- 6) 三野たまき, 上田一夫, 被服圧の測定, 家政誌, 45, 179-188(1994)
- 7) Mitsuno, T. Ueda, K., Time Relation among Clothing Pressure Developed at Waistband, Respiratory Movement, and Girth of Abdomen -Using by Hydrostatic Pressure-balanced Method-, *Sen'I Gakkaishi*, 66, 74-81 (2010)
- 8) 三野たまき, 上田一夫, ウエストベルト圧と比率尺度による圧感覚, 家政誌, 48, 989-998(1997)