

# 歩行支援機能をもつインナーボトムの開発

製品科学課 中橋美幸 生産システム課 金丸亮二

## 1. 緒言

日本の高齢化率が25%を超え、さらに上昇傾向にある社会において、「人間が自立して人間らしい生活を送れる」という意味では、平均寿命ではなく健康寿命の延伸が重要であると言われている。また、「老化は足から」といわれるように、加齢に伴う筋機能の低下は下肢において最も顕著であることが明らかである<sup>1)</sup>。下肢の筋機能低下は、立つ・歩くなどの日常動作に支障をきたすだけでなく、血行障害、内臓等の機能低下を招き、寝たきり状態を引き起こす原因となる場合もある。寝たきり状態にならないためには、人生の最後まで自力歩行ができることが必須であり、加齢に伴って低下した関節や筋機能を補助できる衣料開発が非常に有用である。

本研究では、身体機能の低下を伴う中高年齢者にとって、日常動作や歩行等の軽運動を効率よく行えるような歩行支援機能をもつインナーボトムを開発することを目的とした。前年度までの結果を基に、インナーボトム着用による腹部への圧迫強度と身体機能（心拍数、呼吸代謝、皮膚温、筋電位等）との関係を解析することにより、運動時における身体的負荷を軽減できるインナーボトムの設計指針を検討した。

## 2. 実験方法

### 2.1 被験者および試料

シニア世代の健康な女性3名を被験者として用いた。被験者の特徴は表1に示すとおりである。

表1 被験者の身体的特徴

|           | 年齢<br>(歳) | 身長<br>(cm) | 体重(kg)<br>(kg) | 体脂肪率<br>(%) | BMI  |
|-----------|-----------|------------|----------------|-------------|------|
| $\bar{X}$ | 59.3      | 158.5      | 55.2           | 26.9        | 22.1 |
| $\sigma$  | 3.1       | 6.0        | 6.7            | 6.3         | 2.8  |

被験者は、衣服圧の異なる実験用インナーボトム3種を着用して実験を行った。市販品の中から同一デザインのもので、胴腹部への衣服圧が比較的大きいもの(A)、中程度のもの(B)、小さいもの(C)を選択した。図1に、エアパック式衣服圧測定装置(樹AMI製)で測定した衣服圧を示している。測定ポイント②では、腸骨上であるため、どの試料も衣服圧が最も高くなっている。

### 2.2 実験方法

23°C50%RHの中温域の環境に調整した人工気象室内において実験を行った。被験者は、実験開始時間より30分以上前に人工気象室に入室し、環境に十分慣れた後、実験用試料、長袖Tシャツとルーズなハーフパンツ、下腿部を被覆しないスニーカーソックスを着用した。運動

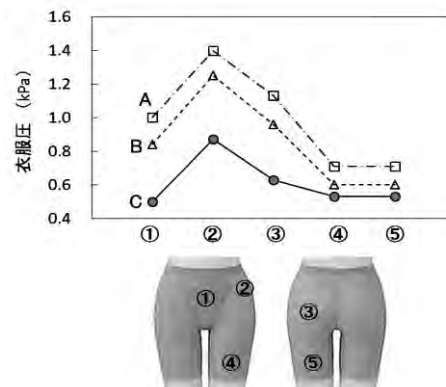


図1 実験用インナーボトムの衣服圧分布

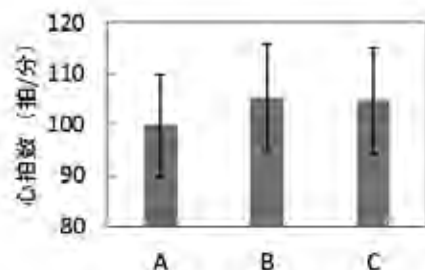


図2 運動中の平均心拍数(被験者平均)

負荷は、トレッドミルによる歩行運動(傾斜3%, 速度3.5km/h)を10分間とした。

測定項目は、心拍数、呼吸代謝、皮膚温、筋電位(脊柱起立筋、外腹斜筋、大腿直筋、大腿二頭筋)である。運動終了後に主観評価を行い、「圧迫感」「快適感」「歩きやすさ」について5段階で点数化した。

## 3. 結果および考察

### 3.1 心拍数および呼吸代謝への影響

歩行運動時間10分間のうち安定した後半5分間についてデータの解析を行った。心拍数の結果を図2に示す。運動中の平均心拍数は、試料A着用時で他の試料より5拍程度低くなった。予備実験において、非着用と試料Cでは歩行運動に伴う心拍数の変化が終始同程度であったことから、試料Aによる大きい腹部圧迫が呼吸ポンプ作用を補助し、静脈還流量に影響を及ぼした結果、心拍数を低下させたと考察された。

次に、酸素摂取量および換気量の結果を図3に示す。両者はともに、試料C>B>Aの順に小さくなり、腹部の衣服圧が高いほど酸素摂取量 $VO_2$ 、換気量 $VE$ が小さくなる傾向がみられた。心拍数の結果と同様に、腹部圧迫強度の大きい試料A着用により、呼吸筋の効率や姿勢保持筋群へのサポート性能が増大し、結果として、低い酸素摂取量で同様の運動ができたのではないかと考えられた。このことが換気量の減少に繋がったと考察される。

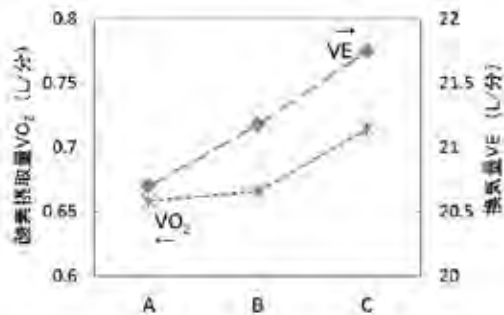


図3 運動中の酸素摂取量と換気量（被験者平均）

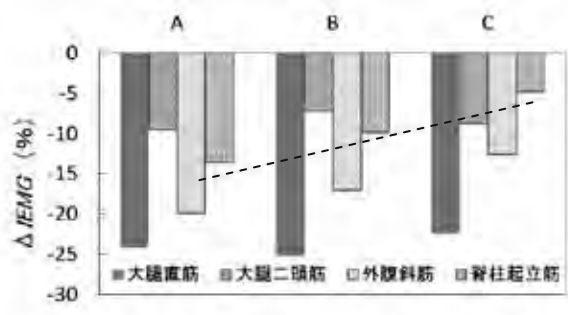


図5 運動中の活動筋のΔIEMG（被験者平均）

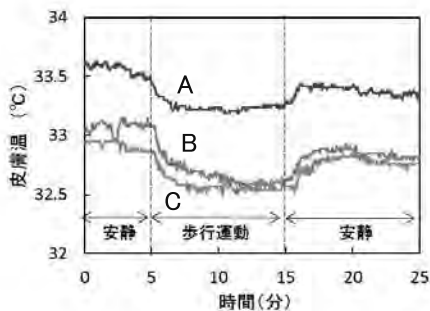


図4 時間経過に伴う平均皮膚温の変化挙動

### 3.2 皮膚温への影響

ラマナサン<sup>1)</sup>の4点法により、平均皮膚温を算出した。

$$\overline{T_s} = 0.3(F+M) + 0.2(T+W)$$

ここで、*F*は胸、*M*は上腕、*T*は大腿、*W*は下腿の各部の皮膚温である。

実験中の時間経過に伴う平均皮膚温の変化（被験者の一例）を図4に示す。どの被験者においても、平均皮膚温は、歩行運動開始直後に低下し、平衡状態になり、運動停止後に急激に上昇する傾向を示した。図中において、試料Aの場合では、他の試料よりも終始平均皮膚温が0.5°C程度高い傾向がみられた。このことは、試料A着用による腹部への高い衣服圧が圧反射現象を引き起こし、皮膚温を上昇させたためであると推察された。

### 3.3 筋電図および主観評価への影響

得られた筋電図（EMG）の生波形を絶対値化した後、積分値（IEMG）を算出し、これらを活動筋の仕事量として検討した。次に、非着用時からの変化率（ΔIEMG）を求め、実験用インナーボトム着用による活動筋への影響

を比較した。図5は、トレッドミル歩行運動における活動筋のΔIEMGの結果を示す。ΔIEMGは、どの試料を着用しても非着用より減少する傾向がみられ、インナーボトム着用による筋負担軽減効果が示唆された。また、姿勢保持の主働筋である脊柱起立筋では、胴腹部への衣服圧が高いほどΔIEMGが低くなる傾向がみられ、筋負担を軽減できる可能性が示唆された。しかしながら、主観評価においては、試料A着用時で圧迫強度が大きく不快であると評価された。平均皮膚温の結果も考慮すると、試料Aの衣服圧レベルが心身ともに快適着用できる上限とすることが望ましいと思われた。

## 4. 結言

本研究では、中高年齢者にとって日常動作や歩行等の軽運動を効率よく行えるような歩行支援機能をもつインナーボトムを開発することを目的に、実験用インナーボトム着用による腹部への圧迫強度と身体機能への影響を明らかにした。その結果、腹部における衣服圧が1.0kPa程度の試料Aを着用した場合、運動中の心拍数、酸素摂取量および換気量が低くなる傾向がみられ、歩行運動時における身体的負荷を軽減できることがわかった。また、筋電図解析により、インナーボトム着用によって活動筋への負担を軽減できることがわかった。今回の皮膚温、主観評価の結果を考慮すると、腹部への衣服圧の上限を1.0kPa程度と設計することにより心身ともに快適に着用できるインナーボトムを開発できると思われた。

### 参考文献

- 1) T Fukunaga, "Kin no kagaku jiten", (2002) Cap 6

キーワード：腹部圧迫、歩行、インナーボトム、呼吸代謝、筋電図

## Development of Inner Bottom with Waist Support Function for Walking

Product Development Section; Miyuki NAKAHASHI, Ryoji KANAMARU

This study aims to obtain some guidelines for designing comfortable inner bottom with a waist support function, such as reducing the physiological stress and muscle load. When experimental inner bottom were worn, heart rate, oxygen intake and ventilation decreased during the walking. It was found those inner bottoms are effective at reducing muscle load. However, when the clothing pressure exerted on an abdomen was higher, skin temperature and psychological stress became higher. We concluded that when the clothing pressure exerted on an abdomen was about 1.0 kPa, venous pump action was promoted.