

旅行者血栓症（いわゆるエコノミークラス症候群）  
対応座席についての生理学的検討

加藤貴英\* 金柁直也\* 北川 薫\*\*

Physiological Examination of Plane-seat Equipped Ankle Exerciser  
to Deal with Traveler's Thrombosis  
(Economy Class Syndrome)

Takahide KATO, Naoya KANEMASU, and Kaoru KITAGAWA

Abstract

Traveler's thrombosis has posed a severe problem around the world. Much research has been conducted to find effective approaches to traveler's thrombosis. We examined a proto-type ankle exerciser equipped on a plane seat in order to assess its effectiveness. The purpose of the first study is to determine a suitable exercise tempo. Three tempos of 30, 60, and 90 times per minute were examined with young male and female subjects by measuring heart rate and blood pressure during five-minute exercise. Heart rates at 90 times per minute were higher than those of other tempos. Blood pressure did not show any differences among the three tempos. We determined 60 times to be the suitable tempo because of the mildness and smoothness of the exercise. The second study is on changes of calf circumference during two-hour sitting and five-minute exercise. Calf circumference after two-hour sitting showed an increase of 1.4% in young male subjects, and 2.2% in young female subjects. The five-minute exercise made for a 0.5% decrease in men and a 1.3% decrease in women. There was a 0.9% improvement by each the exercise. Middle-aged men and women, however, did not show any improvement after exercise. The third study was on skin temperature and blood flow in the foot during two-hour sitting and five-minute exercise. Three of all six subjects showed a clear decrease in foot temperature during sitting and an increase during exercise. The results of two subjects, however, were contrary to the above-mentioned results. The temperature of another subject fluctuated up and down during sitting, and then steeply increased during exercise. Blood flow during exercise increased three to ten times in comparison with sitting. These results lead to the conclusion that the proto-type ankle exerciser connected to a plane seat might serve to prevent traveler's thrombosis.

---

\*大学院生, \*\*教授

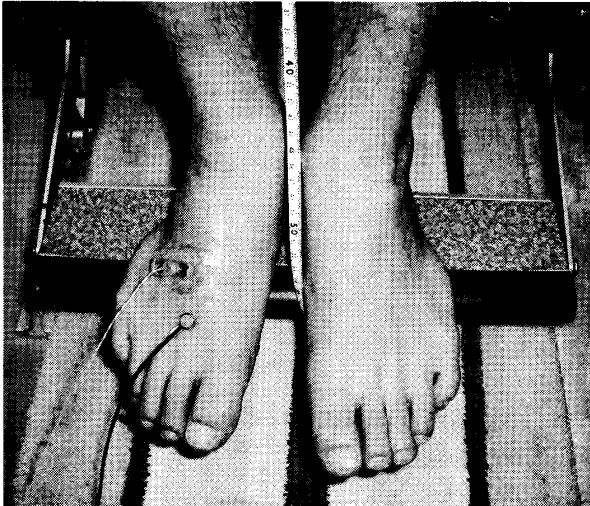


写真1. 運動器

## 【はじめに】

これまで航空機での旅行中・旅行後に発生した深部静脈血栓症・急性肺動脈血栓塞栓症はエコノミークラス症候群と呼ばれていた。しかしエコノミークラス症候群は航空機のエコノミークラス乗客に限って発症はしていない。航空機以外ではバスや列車、船等を利用した長時間の旅行においても静脈血栓症・肺塞栓症の発症が報告されており、また航空機の旅行でもエコノミークラス以外で静脈血栓症・肺塞栓症の発症が報告されている。従って長時間の旅行に伴って発生した深部静脈血栓症・急性肺動脈血栓塞栓症に対しては旅行者血栓症（エコノミークラス症候群に替えて）の名称を用いることが提言されている<sup>1)</sup>。

長時間の座位安静は下肢静脈血のうっ滞や血液粘度を上昇させ、血栓の形成を引き起こすことから、長時間の座位を余儀なくされる旅行では、旅行者血栓症の予防として水分補給や適度な運動（足の運動）を行なうことが重要であると考えられている<sup>1)</sup>。

本研究は、旅行者血栓症に対応するために考案された座席に装着した運動器（写真1：天龍工業株式会社考案）の効用を明らかにすることを目的に、三つの生理学的実験を行なった。この運動器は狭いエコノミークラス用座席に装着され、足関節の伸屈運動ができるようになって

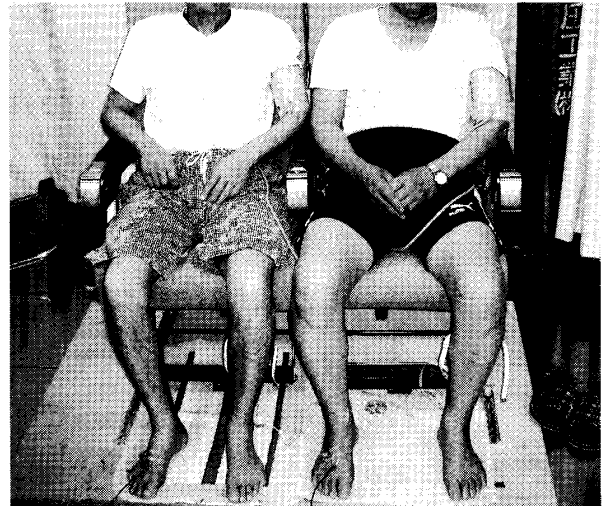


写真2. 測定風景

いる。全ての実験は室温24～28℃、相対湿度30～34%に設定した人工気候室内で行った。

## 【第1実験】

## 目的

旅行者血栓症に対応するために考案された座席に装着した運動器を用いて、足関節の底屈、背屈運動の適切なテンポを検討し、第2と第3実験のための基礎的資料を得ることを目的とした。

## 方法

被検者は、青年男性3名（年齢 $21.7 \pm 1.2$ 歳、身長 $171.0 \pm 1.7$ cm、体重 $64.3 \pm 4.9$ kg）と青年女性4名（年齢 $22.3 \pm 0.5$ 歳、身長 $162.3 \pm 2.6$ cm、体重 $53.5 \pm 4.7$ kg）であった。被検者には実験の目的と内容を説明し、被検者は自発的に実験に参加する事を承諾した。

被検者を旅行者血栓症対応座席に座らせ、座席に装着されている運動器により足関節の屈伸のテンポを毎分30回、60回、90回にて各々5分間の連続運動をさせた。運動はメトロノーム（セイコー社製）のリズムに合わせて行なった。運動開始5分前から運動終了5分後まで血圧と心拍数を30秒ごとに測定した。血圧と心拍数の測定は自動血圧計（オムロン社製）を用いて行なった。

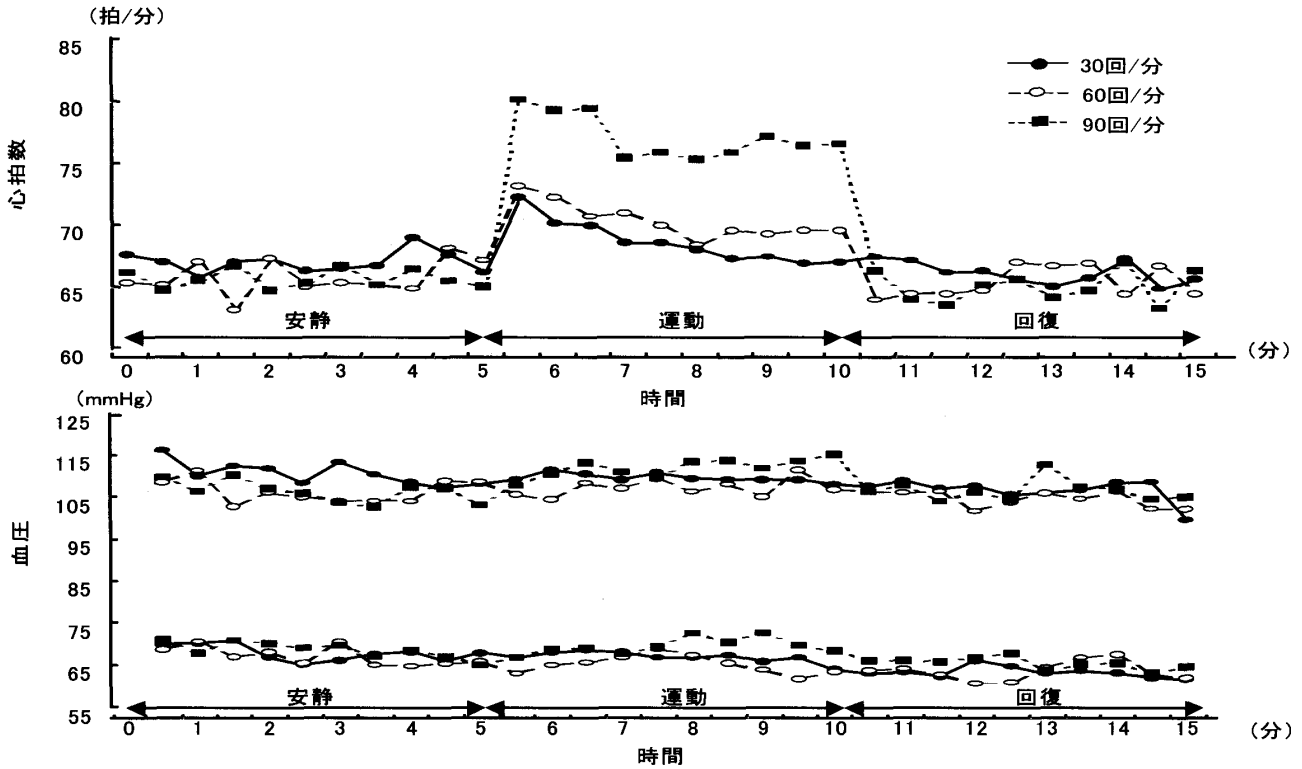


図1. 各テンポにおける全被検者の心拍数と血圧の変動を示す（値は平均値）。

**結果と考察**

血圧は各テンポによる差はほとんど見られなかったが、心拍数は30回/分、60回/分に比べて、90回/分では大きく増加した（図1）。

30回/分、60回/分のテンポでは全員がメトロノームのリズムに合わせて完遂できたが、90回/分のテンポではうまくリズムに合わせることが出来なかった被検者もいた。途中で運動が続けられなくなった被検者はいなかったが、90回/分テンポでの5分間は全被検者が辛く感じていた。

以上の結果から90回/分のテンポでは、筋疲労のためテンポについていけなくなりリズムがばらばらになる、足関節の底屈背屈運動が浅くなる、といったことが観察された。また、60回/分の方が30回/分よりもリズムカルに運動ができたことから、60回/分のテンポが適当であると考えられる。

**結論**

被検者の疲労感、無理のないリズムカルなテ

ンポに着目し、運動のテンポは60回/分が適当と判断した。

**【第2実験】**

**目的**

日常生活空間において2時間の座位安静で、下腿静脈血にうっ滞が生じ、易血栓形成状態となることが報告されている<sup>2)</sup>。下腿静脈血のうっ滞や血液粘度の上昇は下腿にむくみを引き起こすことが考えられる。

第2実験では2時間の座位安静後、運動器を60回/分のテンポで5分間行った際の下腿周径囲（ふくらはぎの最膨大部）の変化を検討することを目的とした。

**方法**

被検者は青年男性6名（年齢 $22.5 \pm 1.4$ 歳、身長 $170.0 \pm 5.5$ cm、体重 $63.7 \pm 7.3$ kg）と青年女性6名（年齢 $22.8 \pm 1.0$ 歳、身長 $162.5 \pm 2.2$ cm、体重 $51.8 \pm 4.4$ kg）であった。

被検者には旅行者血栓症対応座席で2時間の

座位安静を行なわせ、その後、座席に装着されている運動器にて5分間の足関節の底屈、背屈運動を60回/分のテンポで行なわせた。

座位安静直後、座位安静30分後、60分後、90分後、120分後に、そして運動を開始してからは1分後、3分後、5分後に下腿周径围を測定した。

下腿周径围の測定は、下腿最大部をメジャーを用いて測定した。常に同じ箇所を計測するために下腿最大部にマークをした。下腿周径围は膝関節、足関節角度が変化することで変動するため、足を床に降ろし、つま先を指定した位置に合わせた状態で測定を行なった。

### 結果と考察

2時間の座位安静により男女共に下腿周径围は増加した。その増加率は、男性が平均で1.4%、女性が2.2%であり、女性の方が増加率が大きかった(図2)。

2時間の座位安静により男女ともに足の指先から甲にかけて皮膚表面が紫がかった色(チア

ノーゼの様)に変色したが、主観的にはその徴候は女性の方が顕著であった。

これらの結果は、女性や160cm以下の低身長者に肺塞栓症の発症が多くみられるという報告<sup>3) 4)</sup>と合致している。座席が高いと、低身長者では、座位で足を床に降ろした際、かかとが浮いてしまい大腿背部を圧迫することが考えられる。本研究において、低身長者、とくに女性においてかかとが完全に床に着いていない被検者が何名かいた。このことから、座席による大腿背部の圧迫が周径围の増加に関与しているものと推測された。

しかし、2時間の座位安静後、5分間の運動を行なわせたところ下腿周径围は男性が0.5%に、女性は1.3%にまで減少した。減少率は男女ともに0.9%であった(図2)。これは5分間の運動は2時間の座位安静により増加した下腿周径围の回復に効果的であることを示し、運動による筋肉ポンプ作用が血液循環を促進させ、下腿に貯留した血液をウォッシュアウト(洗い流し)したためであると考えられる。

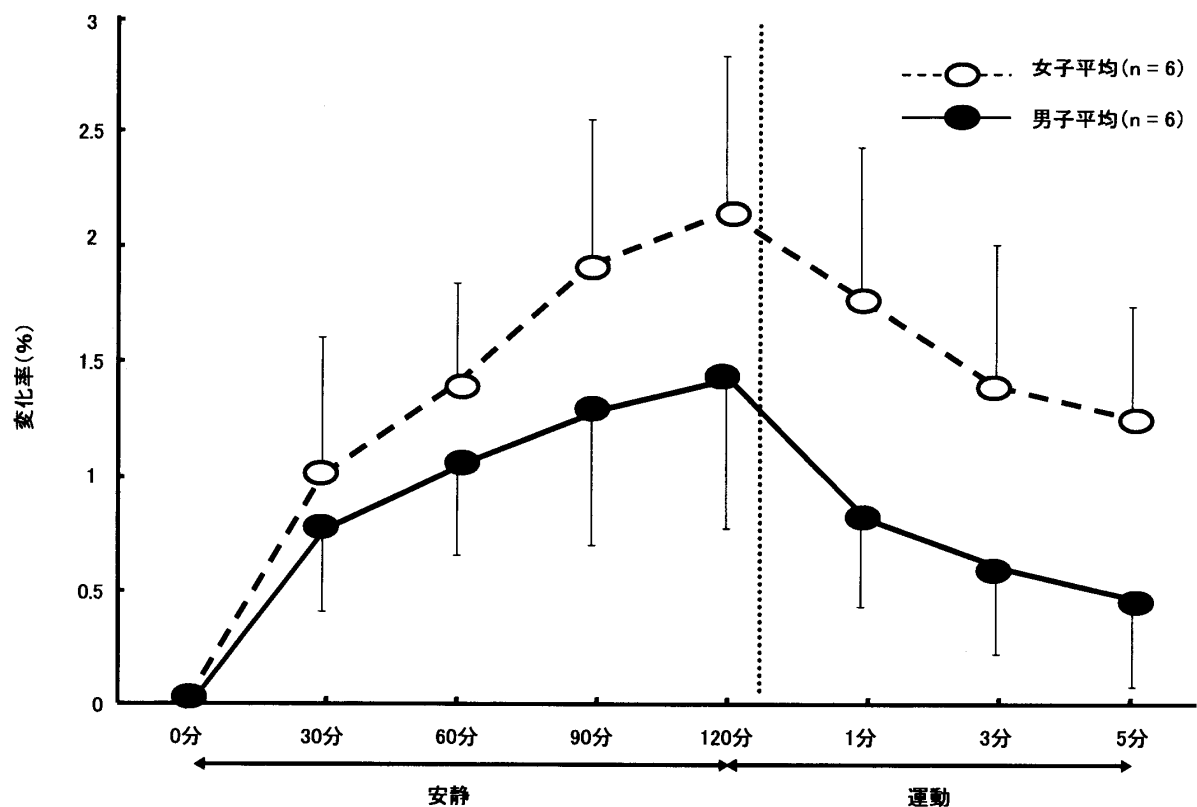


図2. 下腿周径围の変化率を示す(値は平均値と標準偏差)。

**結論**

男女ともに2時間の座位安静により下腿周径囲は増加したが、5分間の運動により大きな回復がみられた。

**【第3実験】**

**目的**

長時間の座位安静では、血液粘度の上昇により血流が阻害されるために体液が下腿に貯留し、下腿周径囲は増大（むくみ）する。このような状態では同時に下腿の温度が減少することが考えられる。

第3実験では2時間の座位安静後、運動器を60回/分のテンポで5分間行った際の皮膚温、皮膚血流量の変化を検討することを目的とした。また中高年齢者の方が旅行者血栓症のリスクが高いと報告されていることから<sup>5)</sup>、加えて中年齢者の下腿周径囲の変化を検討した。

**方法**

被検者は青年男性2名（A：年齢26歳、身長

173cm、体重62kg、B：年齢26歳、身長176cm、体重68kg）と中年齢者男性2名（A：年齢57歳、身長170cm、体重62kg、B：年齢57歳、身長173cm、体重85kg）と中年齢者女性2名（A：年齢51歳、身長158cm、体重57kg、B：年齢56歳、身長153cm、体重44kg）であった。座位安静直後、座位安静30分後、60分後、90分後、120分後に、そして運動を開始してからは1分後、3分後、5分後に皮膚温、皮膚血流量、下腿周径囲を測定した。皮膚温の測定はサーミスタ温度計（サンセテカ社製）を用い、センサーを足の甲に当てて行なった。皮膚血流量の測定はレーザードプラー血流計（アドバンス社製）を用い、プローブを足の甲に当てて行なった。下腿周径囲の測定は第2実験と同様の手法で行なった。

**結果と考察**

2時間の座位安静により50歳代男女4人のうち3人の足の甲の皮膚温が低下した。しかし、運動により皮膚温はわずかだが上昇した。一方、一人（57歳男性B）は足の甲の皮膚温は上昇し、運動により低下した。26歳男性Aの足の甲の皮

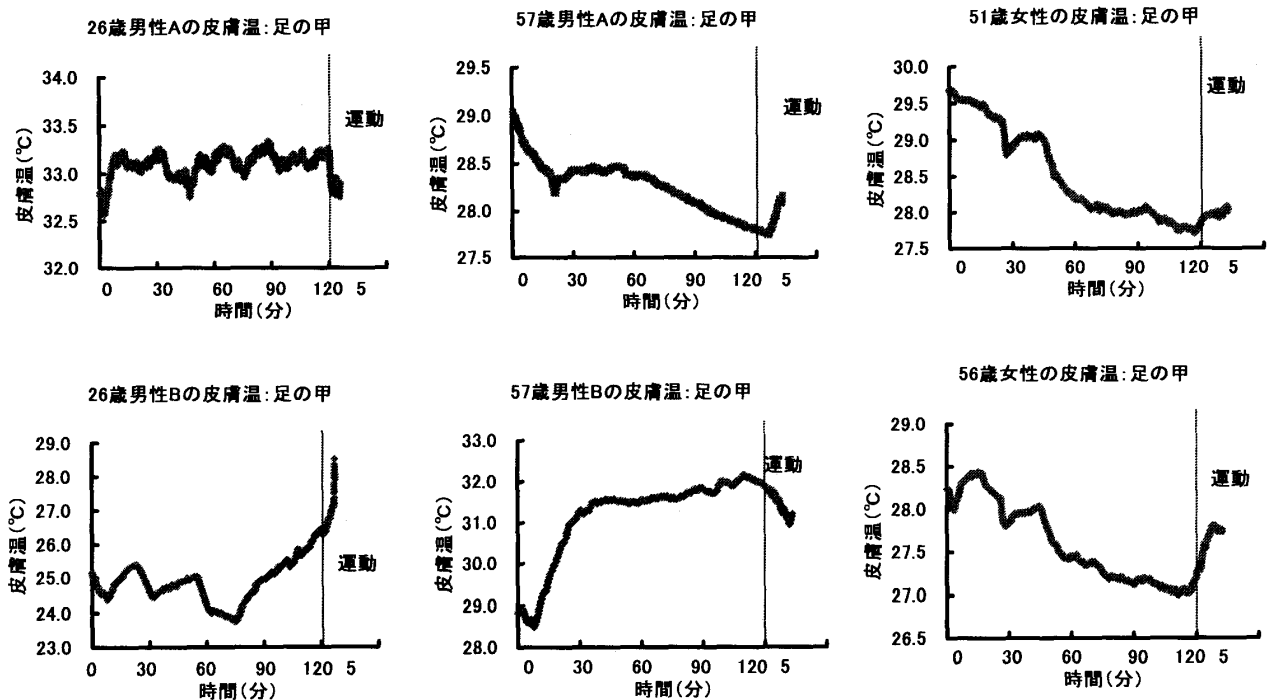


図3-1. 皮膚温（足の甲）の変動を示す。

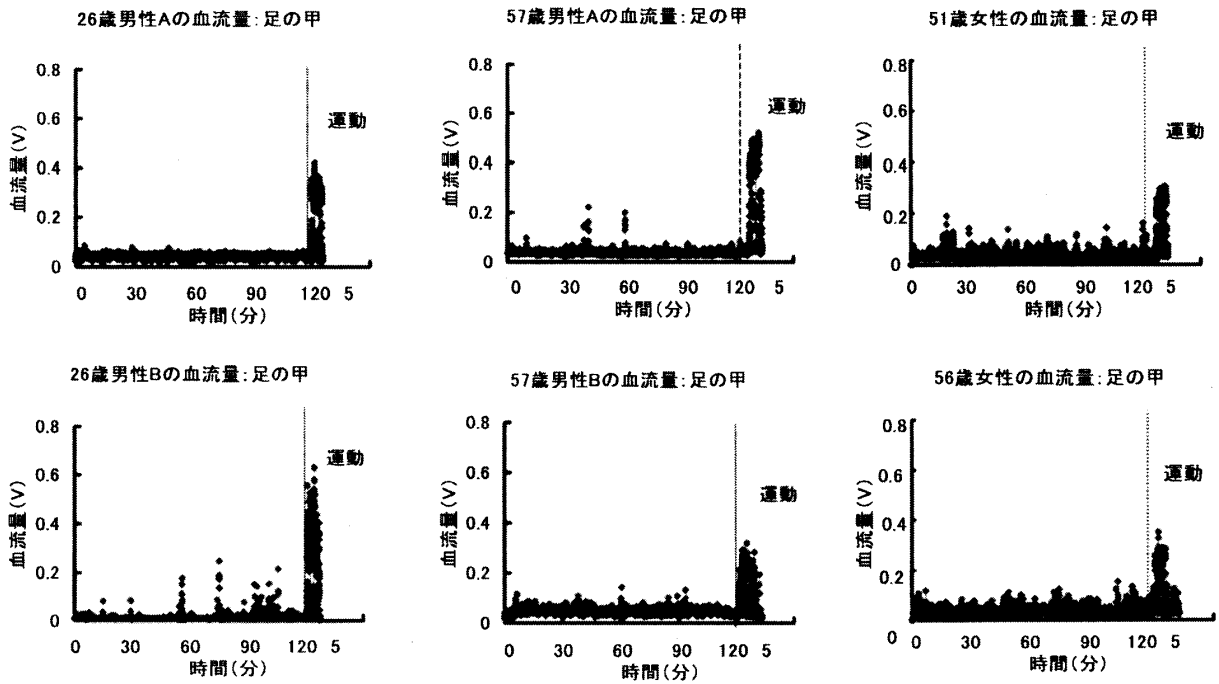


図 3-2. 皮膚血流量の変動を示す。

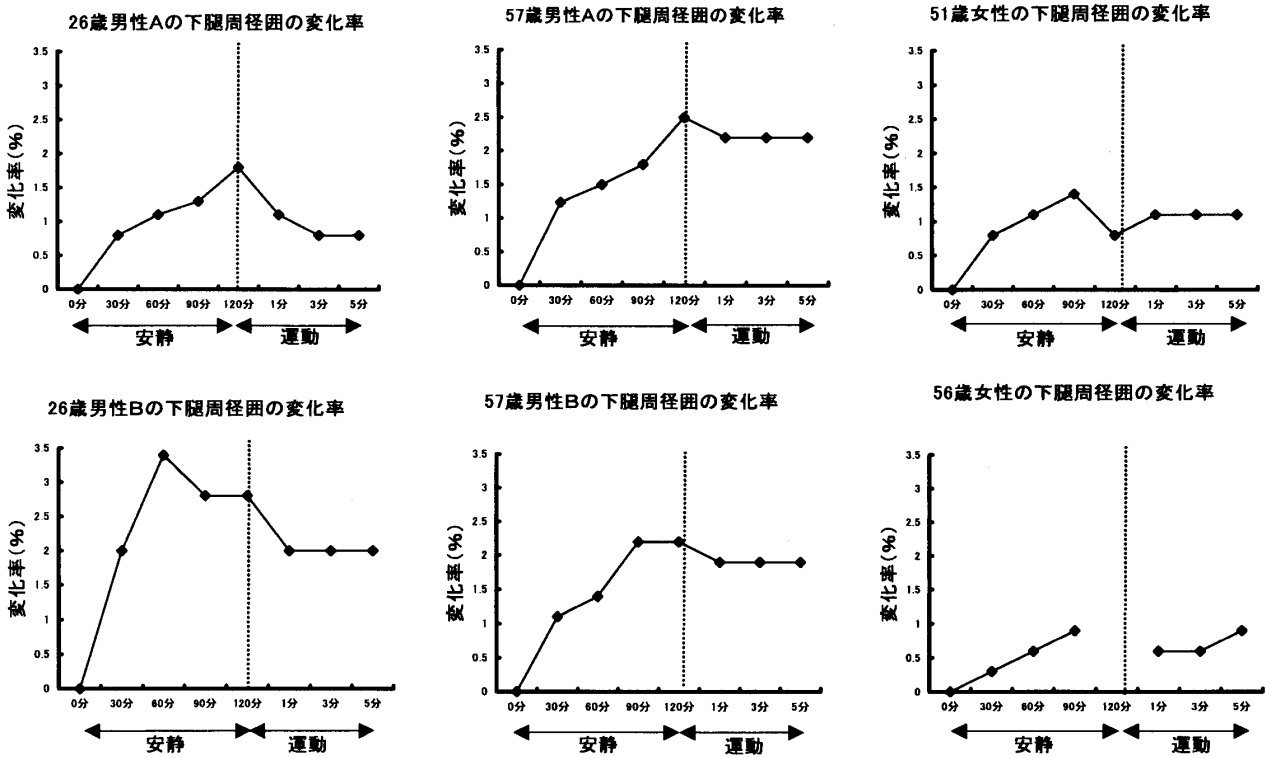


図 3-3. 下腿周径圍の変化率を示す。

膚温は上昇し、運動により低下した(図3-1)。しかし、ふくらはぎでは低下し、運動により上昇した。

皮膚血流量は全ての被検者において、座位安静後の運動により3から10倍に大きく増加した(図3-2)。

下腿周径囲は青年と比較し、50歳代の男女ともに運動による回復はほとんど見られなかった(図3-3)。

血栓の形成には血液の粘性、血流の変化、血管壁の損傷の3要因があげられる<sup>6)</sup>。長時間の座位安静では下肢静脈血の血液粘度が上昇し、血流が停滞するために、下腿ではむくみと皮膚温の低下が生じることが考えられる。本研究では5分間の運動により低下した皮膚温が回復傾向を示したことから、運動による血流の増加(筋肉ポンプ作用)が下腿に貯留した体液の静脈還流を促し、皮膚温の低下を回復させたものと推測された。しなしながら、50歳代の男女においては下腿のむくみを軽減するまでには至らなかった。これは中高年齢者の方が旅行者血栓症のリスクが高いという報告<sup>5)</sup>に合致する結果であり、血管壁の老化現象による筋肉のポンプ作用の低下が関与しているものと推測された。

## 結論

2時間の座位安静は皮膚温の低下をもたらす傾向がある。目視によってもその傾向は観測された。しかし、運動により血流量は増加し、ある程度の皮膚温の回復が見られた。実験2では見られた運動による下腿周径囲の回復は50歳代男女では見られなかった。

## 【総括】

本研究により次の4つが明らかになった。1) 旅行者血栓症対応座席での運動器は運動のテンポが60回/分が適当である。2) 2時間の座位安静による下腿周径囲の増加率は女性の方が男性よりも大きかった。3) 運動器による5分間の運動により、青年男女の下腿のむくみは減少した。しかし、50才代の男女での効果は見られ

なかった。4) 運動器による5分間の運動により、血流量が増加し低下した皮膚温は上昇した。

## 【謝辞】

本研究は平成13年度中京大学依託研究（天龍工業株式会社が作成した運動器の効用についての委託研究）として行われた。本実験の実施にあたり協力を得た中京大学体育学部運動生理学研究室の皆様、被検者として御協力いただいた皆様に厚く御礼申し上げます。

## 【参考文献】

1. 日本宇宙航空環境医学会：エコノミークラス症候群に関する検討委員会報告．エコノミークラス症候群に関する提言．宇宙航空環境医学，38：208-212，2001
2. 一杉 正仁．突然死と肺動脈血栓塞栓症—長時間座位の影響について—．宇宙航空環境医学，38：53，2001
3. 森尾比呂志、藤森 義治、寺沢公仁子、山田 克己、長谷川 修、松尾 哲、尾世川正明．航空機による旅行中に発症した肺塞栓症の14例．呼吸と循環，48：411-415，2000
4. Sarvesvaran R. Sudden natural deaths associated with commercial air travel. Med Sci Law, 26: 35-38, 1986
5. Sahiar F, Mohler SR. Economy class syndrome. Aviat Space Environ Med, 65: 957-960, 1994
6. Virchow, R. Gesammelte Abhandlungen zur Wissenschaftlichen Medicin. Meidinger, Frankfurt, p.227, 1856