

段階圧力ストッキング着用が自転車運動中の 呼吸循環機能に及ぼす影響

Effect of graduated compression stockings on the cardiorespiratory function
during bicycle exercise

山鹿由莉・川久保清

Yuri YAMAGA, Kiyoshi KAWAKUBO

1. 諸言

近年、我が国では、国民の健康志向からスポーツ愛好者が増加している。それに伴い、スポーツ愛好者の中で障害を少なく快適に運動できる、様々な物品も流通するようになってきた。最近では様々なスポーツ現場において着圧ウェアが使用されている。スポーツ愛好者を対象に着圧ウェア使用の有無についてアンケート調査を行った先行研究¹⁾では、回答者 368 名中「常に使用する」と回答した者が 31%、「たまに使用する」と回答した者が 55%で、両者を合わせて 86%の者が「使用する」と回答したと報告されている。また、着圧ウェアに対する期待として、回答を得られた 425 の意見のうち、「疲労軽減」「疲労回復」と回答した者が 40%を占め、「パフォーマンスの向上」と回答した者が 18%であると報告されている。

着圧ウェアの 1 つである段階圧力ストッキングは、足関節部周囲から大腿部周囲にかけて段階的に圧力値が低くなっており、下肢静脈瘤、深部静脈血栓症、リンパ浮腫の治療やむくみの予防を目的として使用されてきた²⁾。静脈疾患患者を対象とした研究では、静脈還流を促進させる効果があると報告されている^{3) 4)}。段階圧

力ストッキングが静脈還流を促進させるという点から、健常者における運動中の着用効果について注目されている。健常者においては、段階圧力ストッキングを着用することで、安静時の静脈還流が促進されたと報告されている^{5) 6)}。しかし、運動中に段階圧力ストッキングを着用することの生理的効果については一定の見解を得ることができておらず、運動中の呼吸循環機能へ及ぼす影響については明らかになっていない。また、運動中の段階圧力ストッキングの効果を調べた研究では男性を対象としたものが多い^{6) 7)}が、女性では男性に比べ骨格筋量が少ないため、段階圧力ストッキングが運動中の筋ポンプ作用を助け、より運動しやすくなる効果がある可能性が考えられる。

そこで、本研究では、共立女子大学食物栄養学科の女子学生を対象に段階圧力ストッキング着用が、運動中の呼吸循環応答に及ぼす影響を携帯型呼気分析器にて検討することを目的とした。

2. 研究方法

①被験者

共立女子大学の食物栄養学科 21 ~ 22 歳の女子学生に対して研究参加を口頭で募集し、当日

の体調に問題がなかった女子学生 18 名を対象とした。すべての対象者に、研究の目的、研究方法、本研究によって起こり得る不利益、実験データの管理、プライバシーの保護について説明し、本人署名の同意書を得た後に実験を開始した。研究は共立女子大学、共立女子短期大学研究倫理審査委員会の承認を得た。

②着用ストッキング

着用ストッキングは、段階圧力ストッキング MediQtO[®] (エスエスエルヘルスケアジャパン株式会社) とした。ストッキングの圧力は足関節部周囲で 20hpa (15 mm Hg)、腓腹部周囲で 16hpa (12 mm Hg)、大腿部周囲で 10hpa (7.5 mm Hg) になるように設計されている。着用ストッキングのサイズ (M または L) は対象者の体格から判断した。

③生活習慣調査

実験前に自記式調査票を配布し、既往歴 (有、無)、当日の健康状態 (良い、ふつう、悪い)、喫煙習慣 (有、無)、実験前日の飲酒 (有、無)、運動習慣 (有、無)、通学手段、通学時間、食習慣、前日の睡眠時間、当日の食事時間と食事内容について調査した。

④身体計測

運動負荷試験直前に身長、体重の測定を行った。身長は身長計、体重は TANITA 体脂肪計 Model No.TBF-401 (タニタ社製) を用いて測定し、BMI を算出した。

⑤運動負荷試験

本研究の実験デザインはクロスオーバー比較試験とした。段階圧力ストッキング着用時と段階圧力ストッキング非着用時の 2 条件を設定し、各試験日の間隔は 2 週間以上とした。なお、測定順序の影響を排除するため、段階圧力ストッキング着用と段階圧力ストッキング非着用の順序は被験者ごとに無作為に選んだ。

朝食または昼食を摂取してから 2 時間経過後、携帯型酸素消費量計エアロソニック AT-1100 (アニマ株式会社)、脈拍測定器 (POLAR 社製スポーツ心拍計 S610i) を用いて、自転車エルゴメータを用いた自転車運動中の酸素摂取量 ($\dot{V}O_2$)、心拍数 (HR) を測定した。室温は 25℃ ~ 27℃ の範囲内とした。

●試験の手順

身体計測後、対象者の情報入力を行い、携帯型呼気分析器と心拍数計を装着した。マスクで被験者の鼻と口を覆い、それに流量計をつけて本体と接続し、Breath by Breath 法にて測定した。心拍数はトランスミッターを胸部に装着し、AT-1100 に取り込んだ。酸素ガス濃度はガルバニ電池方式にて、炭酸ガス濃度は赤外吸収方式にて測定した。

5 分間の安静臥位、5 分間の安静座位での測定を行った後、運動負荷試験を行った。運動は 60W からスタートし、運動開始後 3 分後ごとに 20W ずつ、120W まで漸増した。その後クールダウンとして無負荷で 2 分間の運動を続けた。運動中、主観的運動強度 (RPE) を、それぞれの運動負荷のステージで、負荷を上げる 1 分前に対象者に確認し、19 (非常にきつい) に達した時点で試験終了とした (図 1)。

⑥データの処理

安静臥位、安静座位、運動時 (60W、80W、100W、120W) の最後の 1 分間、の 6 段階について $\dot{V}O_2$ 、HR の平均値処理を行った。

測定した酸素摂取量を心拍数で割り、酸素脈を算出した。

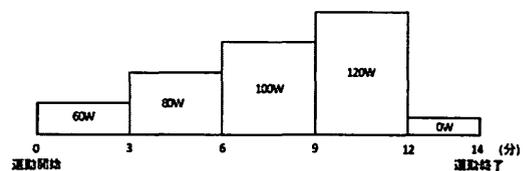


図-1 運動負荷試験のプロトコル

⑦統計処理

各項目の結果は平均値 ± 標準偏差で示した。統計的検討には対応のある t 検定（ストッキング着用時と非着用時）を用い、各項目の値が $p < 0.05$ の場合に有意差があるとみなし、 $0.05 \leq p < 0.1$ の場合に有意傾向があるとみなした。統計的検討には IBM Statistics SPSS19 を使用した。

3. 結果

(1) 被験者の特性

被験者は全て女性であり、「1 回目の測定で段階圧力ストッキングを着用した」被験者 8 名（段階圧力ストッキング着用先行群）、「2 回目の測定で段階圧力ストッキングを着用した」被験者 8 名（段階圧力ストッキング非着用先行群）の計 16 名とした。

平均年齢 21.8 ± 0.4 歳（21 ~ 22 歳）、平均身長 160.0 ± 3.8 cm（154.3 ~ 168.1 cm）、平均体重は 52.7 ± 5.6 kg（42.7 ~ 62.4 kg）、平均 BMI が 20.6 ± 1.7 （17.4 ~ 22.9）であった。喫煙者はな

く、運動習慣の有るもの（本実験での運動習慣の有るものとは、週に 1 ~ 2 回程度の定期運動を行っているもの）は被験者 16 名中 6 名であった。

(2) 段階圧力ストッキング着用時と非着用時の比較

段階圧力ストッキングを着用して測定した場合を着用時、段階圧力ストッキングを着用せずに測定した場合を非着用時とした。運動負荷量 (W) が 120W まで到達したものは被験者 16 名中 13 名であり、残りの 3 名は 100W で終了したため、運動中の検討は 100W までとした。

表 1、図 2 に、酸素摂取量の運動時の変化を示した。着用時と非着用時では、運動時の酸素摂取量には有意な差は見られなかったが、100W の負荷強度で有意傾向がみられ、段階圧力ストッキング着用時のほうが多かった。

表 2、図 3 に、心拍数の運動時の変化を示

表-1 酸素摂取量 (ml/min) の運動時の変化

| | 着用時 (n=16) | 非着用時 (n=16) | 有意確率 |
|------|----------------|----------------|--------|
| 60W | 819.19±102.09 | 828.34±78.83 | 0.629 |
| 80W | 997.53±118.61 | 990.73±87.75 | 0.712 |
| 100W | 1184.23±115.07 | 1152.90±134.32 | 0.076+ |

+ : $0.05 \leq p < 0.1$

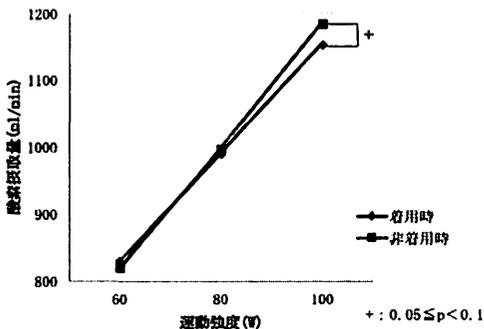


図-2 運動負荷量と酸素摂取量の関連

表-2 心拍数 (拍/min) の運動時の変化

| | 着用時 (n=16) | 非着用時 (n=16) | 有意確率 |
|------|--------------|--------------|--------|
| 60W | 123.69±8.33 | 126.25±9.03 | 0.172 |
| 80W | 141.25±11.10 | 144.38±11.26 | 0.068+ |
| 100W | 158.56±11.96 | 160.44±12.13 | 0.208 |

+ : $0.05 \leq p < 0.1$

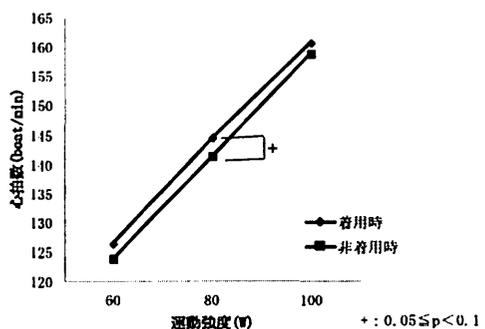


図-3 運動負荷量と心拍数の関連

表-3 酸素脈 (ml/ 拍) の運動時の変化

| | 着用時 (n=16) | 非着用時 (n=16) | 有意確率 |
|------|------------|-------------|--------|
| 60W | 6.65±0.91 | 6.60±0.79 | 0.770 |
| 80W | 7.09±0.92 | 6.90±0.80 | 0.201 |
| 100W | 7.50±0.84 | 7.21±0.94 | 0.017* |

* : p < 0.05

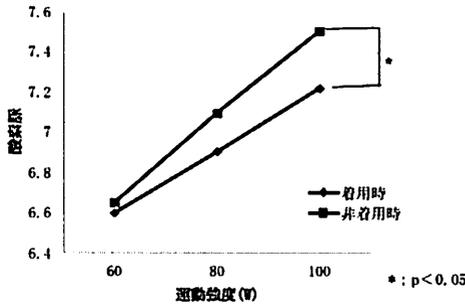


図-4 運動負荷量と酸素脈の関連

した。着用時で心拍数が低く、80W の負荷強度で運動中に有意傾向がみられた。

表 3、図 4 に、酸素脈の運動時の変化を示した。100W の時点で有意差があり、着用時で大きかった。運動負荷量が増えるにつれ着用時と非着用時の差が大きくなった。

表 4、図 5 に RPE の運動時の変化を示した。着用時と非着用時で運動時の RPE には有意な差は見られなかった。なお、RPE11 は楽である、13 はややきつい、15 はきついに相当する。

4. 考察

段階圧力ストッキングは下肢静脈瘤、深部静脈血栓症、リンパ浮腫の治療やむくみの予防を目的として使用される²⁾。末梢から中枢に向かって段階的に圧力が低下していくように設計されている。静脈疾患患者や健常者の安静時において、段階圧力ストッキングを着用することにより、静脈還流が促進されることが報告されている^{3)~6)}。しかし健常者の運動時におけるの生

表-4 RPE の運動時の変化

| | 着用時 (n=16) | 非着用時 (n=16) | 有意確率 |
|------|------------|-------------|-------|
| 60W | 11.59±1.56 | 11.0±1.55 | 0.256 |
| 80W | 13.0±1.10 | 12.56±1.50 | 0.249 |
| 100W | 14.5±2.00 | 14.31±1.70 | 0.676 |

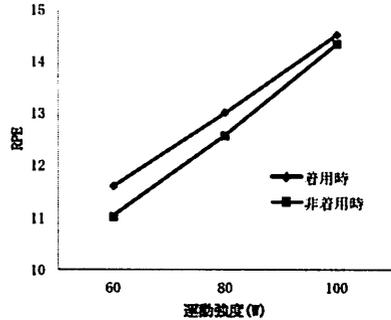


図-5 運動負荷量と RPE の関連

理的効果についてのエビデンスは確立していない。今回の測定により、運動時の段階圧力ストッキング着用の呼吸循環機能への影響を示すことができた。

運動時において段階圧力ストッキング非着用時に比較して、段階圧力ストッキング着用時では、酸素脈は大きい傾向があり、100W の負荷強度での運動時に有意差がみられた。酸素脈とは一心拍で運搬された酸素のうち、組織が取り込んだ量であり、心臓の一回拍出量に比例する。ストッキング着用により静脈還流が促進され、心房内圧が増加し、一回拍出量が増加したため酸素脈が増加したと考えられた。心拍出量は心拍数 × 一回拍出量で求められる。運動負荷量 (W) は非着用時と着用時で同じであるため心拍出量は一定であると考えられる。一回拍出量が増加したため心拍数が低下したと考えられた。このことから段階圧力ストッキング着用時では非着用時より、呼吸循環的に比較的余裕をもって運動できたということがいえる。

RPE は段階圧力着用時と非着用時に有意差は見られなかった。呼吸循環的に余裕を持って

運動できると考察したが、自覚症状に影響を及ぼすほどではなかったと考えられる。

伊藤らの研究では健常者の運動時において段階圧力ストッキング着用時と非着用時で静脈還流促進による、呼吸循環応答の差がみられなかったと報告している⁶⁾が、伊藤らが使用した段階圧力ストッキングは下腿部のみに限定されていたため、本研究と異なる結果になったと思われる。

段階圧力ストッキング非着用時と着用時の酸素摂取量を比較すると、安静臥位から60Wでは非着用時のほうが高く、80Wからクールダウンでは着用時のほうが高かったが有意差は見られなかった。Nishiyasuらは、健常者において、中等度強度の仰臥位自転車運動において下半身陽圧負荷を加えた場合と加えない場合の2条件を比較し、前者は後者に比べて酸素摂取量が高くなり、心拍数が低くなると報告している⁸⁾。本研究では有意差は見られなかったもののNishiyasuらの結果と同じ傾向があったと考えられる。

今回の実験では16名の測定を行ったが、より正確なデータを得るためには更に多くの被験者を集める必要がある。また今回は自転車エルゴメータを用いて実験を行ったが、歩行やジョギングなどの立位姿勢で実験を行うことにより今回とは異なる結果が得られる可能性がある。

5. 結論

段階圧力ストッキング着用時では非着用時と比べ、自覚的運動強度に有意差はなかったが、

同一強度の運動時に心拍数が低く、酸素脈が高い傾向があるので、比較的呼吸循環的に余裕をもって運動できることが分かった。特に強い負荷で大きな差がみられた。

6. 参考・引用文献

- 1) 朝比奈茂、伊藤マモル、山本利春他：法政大学体育・スポーツ研究センター紀要, 30, 55-62 (2012)
- 2) 平井正文：繊維製品消費科学会雑誌, 49, 10, 58-63 (2008)
- 3) Shigel B, Edelstein A, Savitch L, et al: Archives of Surgery 110,171-176 (1975)
- 4) 平井正文、山本清人、牧篤彦：日本静脈学会雑誌, 6,53-57 (1995)
- 5) Bringard A, Denis R, Belluye N, Perrey S: Journal of Sports Medicine and Physical Fitness, 46, 4, 548-554 (2006)
- 6) 伊藤守弘、尾形寿好、上田ゆみ子他：第26回健康医科学研究助成論文集, 24-31 (2011)
- 7) 村瀬訓生、大澤拓也、藤岡正子他：日本脈管学会雑誌, 50, 467-473 (2010)
- 8) Nishiyasu T, Tan N, Kondo N, Nishiyasu M, Ikeagami H: Acta Physiologica Scandinavica, 166, 123-130 (1999)
- 9) 早田剛、三浦隆、岩崎徹治、宮地元彦：日本体力医学会雑誌, 55, 421-428 (2006)
- 10) Ali A, Creasy RH, Edge JA: European Journal of Applied Physiology, 109, 1017-1025 (2010)