

<研究論文>

# サポートタイツが階段昇降時の大腿四頭筋活動水準， 酸素摂取量，および自覚的運動強度に与える影響

サポートタイツが登山を想定した階段昇降時の生理応答に与える影響

藤田 英二<sup>1)</sup>，萩田 太<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>鹿屋体育大学スポーツ生命科学系

## I. 諸言

弾性素材によるタイツは，医療用としては下肢静脈瘤やリンパ浮腫の治療<sup>3)</sup>や術後の深部静脈血栓症予防<sup>12)</sup>に用いられてきた。スポーツではソウルオリンピック以後にタイツを着用する愛好家が増加した<sup>8)</sup>。それら弾性素材によるタイツの機能は，着用によって下肢の静脈還流を促進させ<sup>2)</sup>，浮腫を予防する効果<sup>9)</sup>などが報告されており，さらには運動中の着用により心拍数の上昇が抑えられる<sup>4)</sup>ことや，下肢の疲労軽減効果の可能性も示唆<sup>10)</sup>されている。

このような弾性素材によるタイツは，近年多くのメーカーから市販化され，医療や競技スポーツの現場のみではなく，レクリエーションとして一般中高年の登山愛好家などにも愛用されている。しかしながら，それらのタイツの機能は多岐に渡っており，その効果についてはそれぞれで検証する必要がある。

本研究では，異なる2種類の編み構造によるテーピングラインを備えたタイツの機能評価を目的とし，階段昇降時の大腿四頭筋活動水準，酸素摂取量および自覚的運動強度に与える影響について調査した。

## II. 方法

対象は，健康な体育大学生男子8名（年齢：21.0±1.0歳，身長：170.0±2.4cm，体重：71.8±5.8kg）とした。使用したタイツは，イダ靴下製のRuntageアスリートランナーPRO（version 2）とした。本タイツは段階的着圧機能と異なる2種類の編み構造によるテーピングラインを備えており，このテーピングラインは大腿四頭筋の機能をサポートする（図1 a）。また，本タイツは中高年者の登山愛好家に対し好評であるということから（図

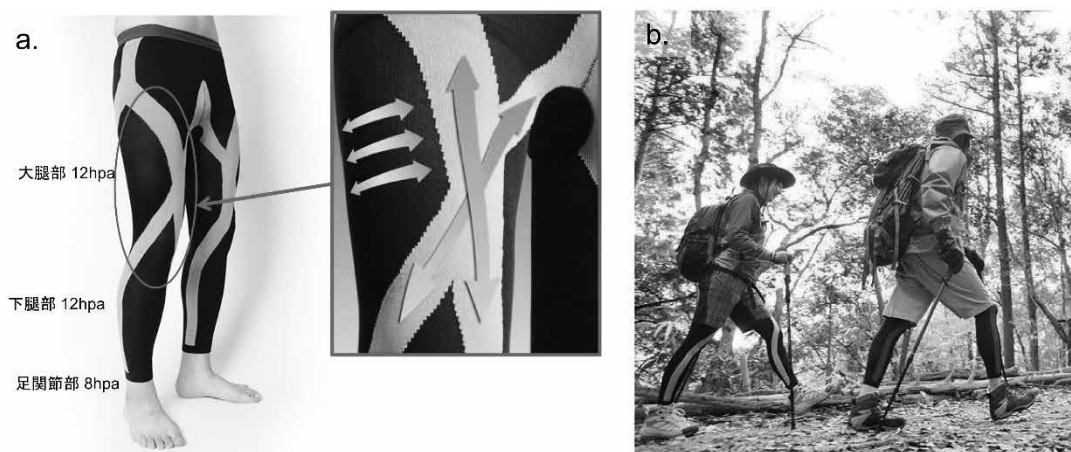


図1. 本研究で使用したタイツ (a) および登山での使用風景 (b)

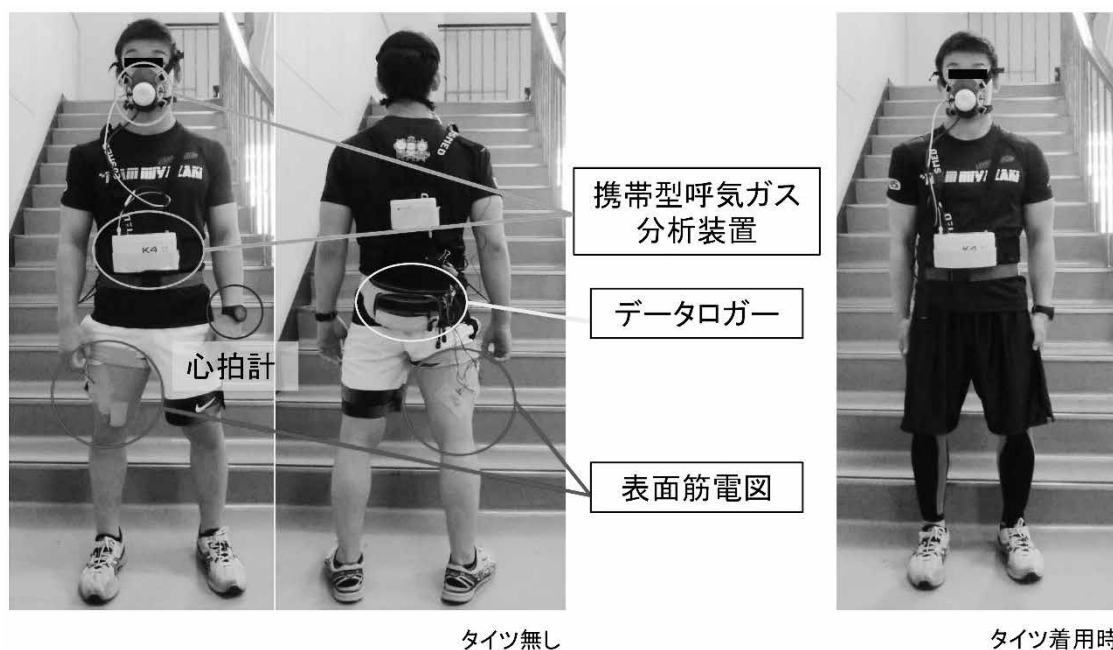


図2. 測定機器の装着

1 b), 実験条件の設定には「登山」を想定することとした。

課題とした運動は階段昇降とし、1段の段差が17cm、奥行き30cmの階段を、144bpmのメトロノーム音にあわせて8階(計161段)まで5往復させた。

表面筋電図の導出は、双極誘導により行い、電極にはAg/AgCl粘着ゲルのディスク電極(Blue Sensor N-00-S/25, Ambu社製)を用いた。皮膚をサンドペーパーで擦り、アルコール綿で洗浄した後、電極間距離20mmとして、右下肢の内側広筋、外側広筋、大腿直筋の筋腹を確認して貼付した。電極は帯域幅5~500Hzのプリアンプ型筋電図センサ(DL-141, S&ME社製)に接続し、研究対象者の腰に装着した携帯型データロガー(BioLog DL-2000, S&ME社製)を用い、サンプリング周波数1kHzにて記録した(図2)。

まず、膝伸展動作における等尺性最大随意性収縮(maximal voluntary isometric contraction: MVC)による力発揮を行わせ、最大筋電図振幅値(maximum EMG activity: EMGmax)を記録した。MVC測定は、片脚筋力測定台(T.K.K.5715, 竹井機器社製)を用い、引張圧縮両用小型ロードセル(LUR-A-1KNSA1, 共和電業社製)に直結したストラップを足関節に固定して行った。股関節及び膝関節90°屈曲位の座位

姿勢にて、MVC試行中の姿勢変化を防ぐため、ストラップを用いて腰部と大腿部を固定した。MVC測定は事前にウォームアップを実施し、測定動作に慣れるため全力以下での力発揮を数回行わせた後に2回実施した。また、力発揮はランプ状に行わせ、5秒間で全力発揮するように指示をした。2回のMVC試行の内、発揮張力が最高値を示した試行をMVC試行として採用した。MVC試行時における最大筋電図振幅値(EMGmax)は、ロードセルより得られた張力信号が最大値となる時点から前後0.5秒間の平均筋電位を算出して求めた。階段昇降時における筋電図振幅値は、5往復目の上り最終の10歩、および下り最初の10歩分を解析対象とした。それぞれのEMGmaxに対する相対値の平均値を算出し、3筋の平均値を大腿四頭筋の筋活動水準(normalized as the relative value at EMGmax: % EMGmax)とした。

課題運動中の心拍数はPolar社製の腕時計型光学式心拍計(M200)を用い、サンプリング周波数1Hzにて記録した。課題運動中の心拍数は、5往復目の1往復分における平均心拍数を算出した。

酸素摂取量(課題運動中のエネルギー消費量)は、携帯型呼気ガス分析装置(K4b2, COSMED社製)を用い、課題運動中の酸素摂取量を記録し、5往復

サポートタイツが階段昇降時の大腿四頭筋活動水準、酸素摂取量、および自覚的運動強度に与える影響

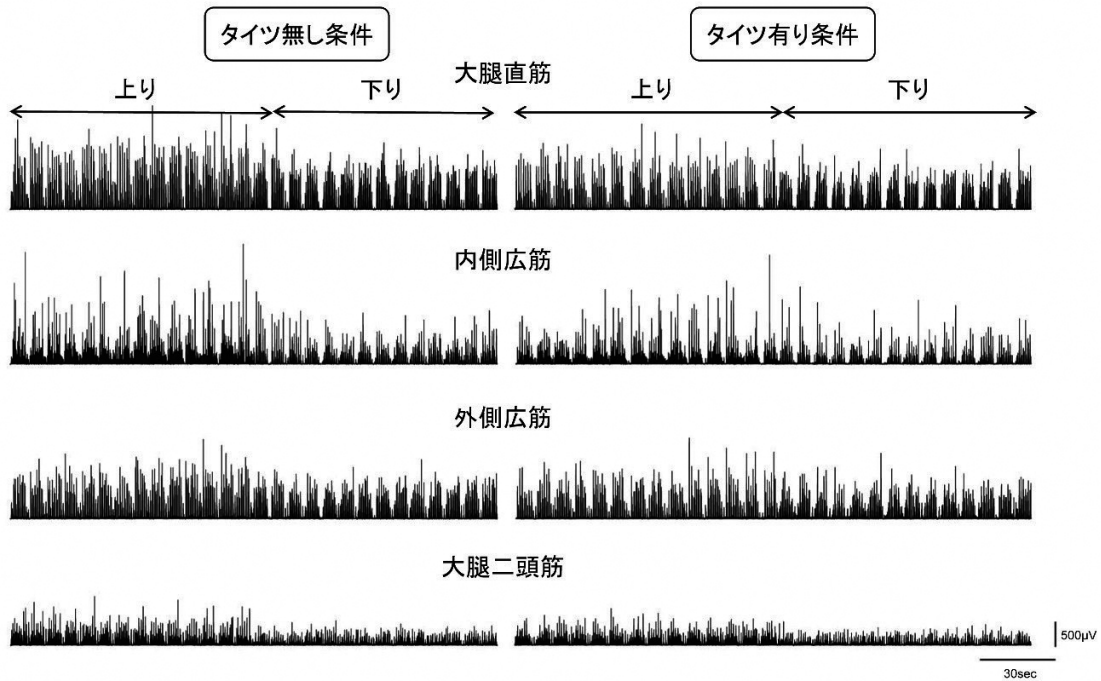


図3. 階段昇降時における大腿四頭の筋電図波形の一例

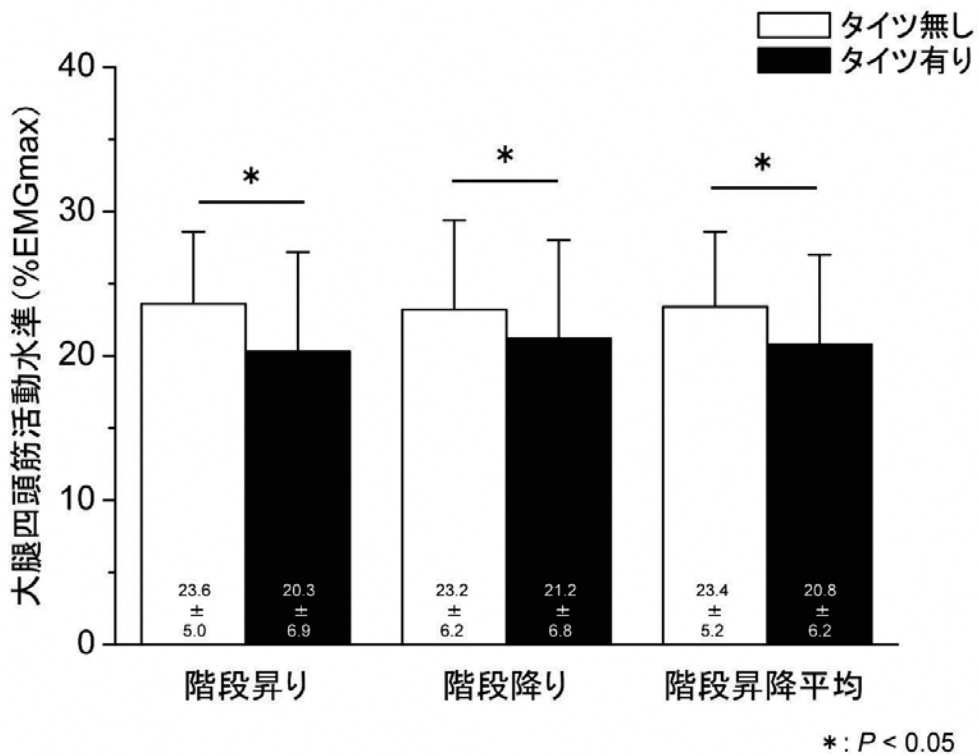


図4. 大腿四頭筋活動水準

目の1往復分における酸素摂取量の平均値を算出した。

自覚的運動強度 (RPE: rating of perceived exertion) については、課題運動終了直後におけるRPEを、Borgスケールを用いて「呼吸の苦しさ」、および「脚

の疲労感」について回答させた。

上記について、タイツを履かない「タイツ無し条件」とタイツを履いた「タイツ有り条件」の2条件で行った。尚、課題運動間には約25分間の休息を設けた。

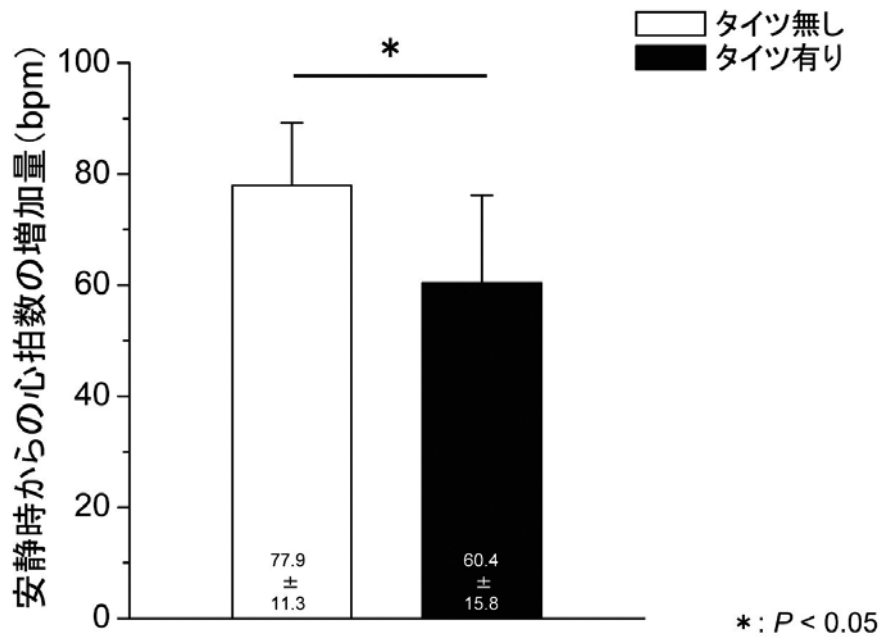


図5. 安静時から課題運動時での心拍数の増加量

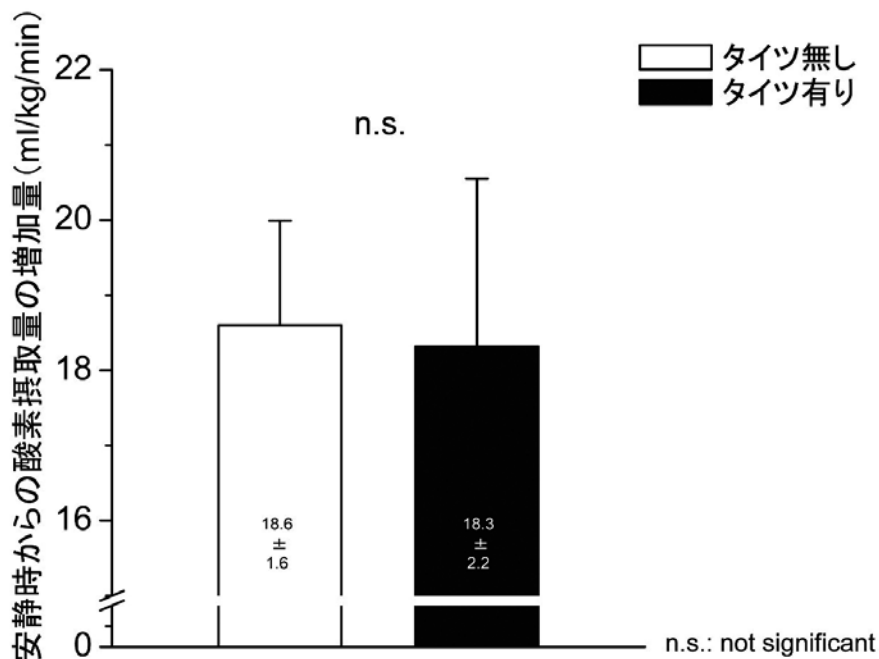


図6. 安静時から課題運動時での酸素摂取量の増加

### 統計解析

得られた全ての数値は平均値と標準偏差で示した。大腿四頭筋の筋活動水準, 心拍数, 酸素摂取量, ならびに自覚的運動強度における「タイツ無し条件」と「タイツ有り条件」の2条間の差を対応のある t 検定で比較した。すべての統計処理には統計解析ソフトウェア (IBM SPSS ver. 25.0 for Windows) を用い, 有意水準は5%とした。

### Ⅲ. 結果

課題動作である階段昇降時における大腿四頭筋の筋電図波形の一例を図3に示す。大腿四頭筋の筋活動水準は, 「タイツ無し条件」で昇り局面が $23.6 \pm 6.9\%$  EMGmax, 降り局面が $23.2 \pm 6.2\%$  EMGmax, 階段昇降の平均が $23.4 \pm 5.2\%$  EMGmaxであり, 「タイツ有り条件」で昇り局面が $20.3 \pm 6.9\%$  EMGmax, 降り局面が $21.2 \pm 6.8\%$  EMGmax, 階段昇降の平均が

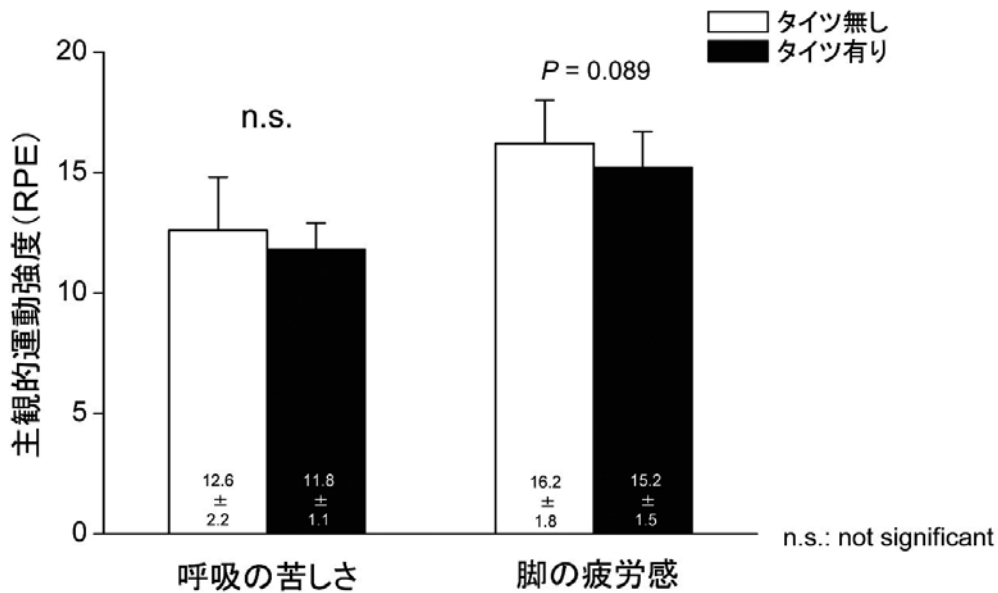


図7. 課題運動終了直後での主観的運動強度

20.8±6.2% EMGmaxであり、全ての局面で「タイツ有り条件」が有意に低かった（ $P < 0.05$ ；図4）。

安静時から課題運動時での心拍数の増加量については、「タイツ無し条件」の77.9±11.3bpmに比べ、「タイツ有り条件」が60.4±15.8bpmと有意に低かった（ $P < 0.05$ ；図5）。

酸素摂取量（エネルギー消費量）を安静時から課題運動時の増加量で検討すると、「タイツ無し条件」が18.6±1.6ml/kg/minで、「タイツ有り条件」が18.3±2.2ml/kg/minであり、両条件間に有意な差はみられなかった（図6）。

課題運動終了直後での主観的運動強度は、「呼吸の苦しさ」は「タイツ無し条件」が12.6±2.2で、「タイツ有り条件」が11.8±1.1であり、両条件間で有意な差はみられなかった。一方で「脚の疲労感」は「タイツ無し条件」が16.2±1.8で、「タイツ有り条件」が15.2±1.5であり、「脚の疲労感」の自覚的運動強度はタイツ着用にて軽減される傾向（ $P = 0.089$ ）にあった（図7）。

#### IV. 考察

本研究では2種類の編み構造によるテーピングラインを備えたタイツの機能評価を目的とし、タイツの着用が登山を想定した階段昇降時の大腿四頭筋活動水準、酸素摂取量および自覚的運動強度に与える

影響について調査した。その結果、タイツの着用により大腿四頭筋の筋活動水準が昇り局面、降り局面、ならびに階段昇降の平均ともに有意に低くなり、安静時からの心拍数の増加も有意に抑制され、脚疲労感の主観的運動強度が軽減される傾向にあった。

大腿四頭筋の筋活動水準は昇り、降り、昇降時平均の全てにおいてタイツ着用にて有意に低くなった。特に降り局面で大腿四頭筋の負担軽減を示すデータが得られたことは重要である。登山では下山時の体重支持で大腿四頭筋への筋疲労が生じ<sup>7)</sup>、その疲労によってバランスを保てず事故につながる可能性があるといわれている<sup>5)</sup>。そのため、本実験で使用したような大腿四頭筋の機能をサポートするタイツを着用することにより、登山時の事故防止に寄与する可能性が考えられる。

安静時から課題動作時にかけての心拍数増加量は、「タイツ無し条件」に比べ「タイツ有り条件」で有意に抑制されていた。段階的弾性ストッキングでは、着圧が増加するにつれて静脈還流を亢進することが示唆されている<sup>3)</sup>。大腿部へ10mmHg～20mmHgの加圧で静脈還流量が増加し、腹部大動脈血流量（一回拍出量）が増加する<sup>1)</sup>。本実験で使用したタイツは、大腿部へ9.75mmHgの加圧が施されており、この加圧により静脈還流が亢進され、一回拍出量が増加することにより心拍数の上昇を抑制

したと考えられる。

安静時から課題運動時にかけての酸素摂取量（エネルギー消費量）は、「タイツ無し条件」と「タイツ有り条件」の間に有意な差はみられなかった。トレッドミルでの運動負荷試験時にコンプレッションウェア着用の効果を検証した先行研究<sup>4)</sup>、ならびに自転車運動時コンプレッションウェア着用の効果を検証した先行研究<sup>11)</sup>とも同様の結果を報告している。しかしながら、タイツ着用により筋活動量が低かったにもかかわらず酸素摂取量に差がなかったことについて、タイツ着用における体温の上昇が若干代謝を亢進させたことも要因として考えられるが、本研究では体温のモニタリングはしておらず、今後の課題としたい。

主観的運動強度については「脚の疲労感」において「タイツ無し条件」に比べて「タイツ有り条件」で有意に軽減された。Yamadaら<sup>13)</sup>は、弾性ストッキングを着用することで一般健康人において運動負荷後に自覚的運動疲労度が軽減すると報告している。また、運動時ではないが川内ら<sup>6)</sup>は百貨店店員や看護師を対象に段階的弾性ストッキング着用が浮腫みやだるさの訴えを減少させたと報告している。これらのことから、タイツ着用による脚へ圧迫は主観的な疲労感の軽減に寄与することは間違いのないであろう。しかしながら、そのメカニズムの解明については今後さらなる検証が必要である。

## V. まとめ

異なる2種類の編み構造によるテーピングラインを備えたタイツの着用は、大腿四頭筋の負担軽減を図り、運動時における心拍数の上昇を抑制し、脚の疲労感を軽減させる傾向がみられたことから、中高齢者の登山愛好家にとって登山事故防止などに有益であると思われる。

## 利益相反

本研究は「イイダ靴下株式会社」からの受託研究（平成28年9月）として実施されました。

## 参考文献

- 1) 青木美枝, 吉澤正尹, 三澤利博, 浜田敏彦: スポーツウェアによる皮膚圧迫と運動パフォーマンスに関する基礎的研究. デサントスポーツ科学, 17: 296-305, 1996.
- 2) 早田剛, 三浦隆, 岩崎徹治, 宮地元彦: 段階的弾性ストッキング着用による下腿圧増加が下腿静脈コンプライアンスを増加させる. 体力科学, 55: 421-428, 2006.
- 3) 平井正文: 浮腫と弾性ストッキング. 静脈学, 16: 101-107, 2005.
- 4) 石坂正大, 石川良太, 伊藤詩峰, 遠藤沙紀, 君島未紗, 鯉沼夢, 佐藤克己, 関健吾, 田野勝也, 千明龍太郎, 淵田悟: コンプレッションウェアが酸素摂取量および心拍数に及ぼす影響. 理学療法科学, 31: 581-584, 2016.
- 5) 粕谷志郎, 栢田夕香: 下山歩行の解剖学・力学的分析. 登山医学, 33: 77-84, 2013.
- 6) 川内ツルキ: 弾性ストッキングにおける筋疲労予防効果. 四国医, 48: 120-125, 1992.
- 7) 桐野耕太, 安彦鉄平, 川添里菜, 小澤美奈, 和田真紀, 白岩加代子, 堀江淳, 阿波邦彦, 窓場勝之, 村田伸: 登山における大腿四頭筋の筋力及び筋活動量の変化. ヘルスプロモーション理学療法研究, 5: 65-69, 2015.
- 8) 清川寛: 衣服圧から見たスポーツウェアの開発例. 繊維学会誌, 54: 116-119, 1998.
- 9) 名塚健史, 雨宮克也, 渡部賢治, 三浦隆, 山田睦雄. スポーツ用弾性タイツの運動時着用の効果について. 臨床スポーツ医学, 26(8): 1047-1051, 2009.
- 10) 西山敬太郎, 川内ツルキ, 鈴木泰夫, 三笠洋明, 原田雅史, 三好弘一. 下肢疲労防止に対する弾性ストッキングの着用効果. 疲労と休養の科学, 9(1): 87-93, 2009.
- 11) 村瀬訓生, 大澤拓也, 藤岡正子, 江崎和希, 下村浩祐, 木目良太郎, 長田卓也, 真田亜希子, 三浦隆, 岩崎徹治, 勝村俊仁. 段階的弾性タイツ着用が自転車運動中の末梢血行動態に及ぼす影響. 脈管学, 50(4), 467-473, 2010.
- 12) 戸島雅宏. 下肢静脈瘤肢における仰臥位弾力ス

トッキングおよび間欠的空気圧迫装置使用時の  
深部静脈血行導体の検討. 静脈学, 15 : 217-  
223, 2004.

- 13) Yamada M, Sakuma H, Kusano S, Yamamoto  
M, Oi N, Takakura Y, Kumamoto K, Morimoto  
K, Urushihata T, Miura T, Amemiya K,  
Kitamura N, Watanabe K, Suyama T. The  
Effect of Sports Elastic Compression Gradation  
Stockings During Exercise. 埼玉圏央リハビリ  
テーション研究会雑誌, 7(1) : 62-65, 2007.