弾性ストッキング着用が呼吸循環反応に及ぼす影響

Effects of Wearing Elastic Stockings on Respiratory and Cardiovascular Responses

長濱 優希¹⁾ 小樽 健太¹⁾ 足高 悠¹⁾ 山下 聖弥¹⁾
菅野 雄大¹⁾ 岡田 優佑¹⁾ 山崎 馨子¹⁾ 土田 ひかり¹⁾
中村 麻優¹⁾ 大里 誠弥¹⁾ 日下 さと美¹⁾ 高橋 哲也¹⁾

YUKI NAGAHAMA, PT, Bsc¹⁾, KENTA KOGURE, PT, Bsc¹⁾, YU ASHITAKA, PT, Bsc¹⁾, SHOYA YAMASHITA, PT, Bsc¹⁾,
YUDAI KANNO, PT, Bsc¹⁾, YUSUKE OKADA, PT, Bsc¹⁾, KEIKO YAMASAKI, PT, Bsc¹⁾, HIKARI TSUCHIDA, PT, Bsc¹⁾,
SEIYA OSATO, PT, Bsc¹⁾, MAYU NAKAMURA, PT, Bsc¹⁾, SATOMI KUSAKA, PT, PhD¹⁾, TETSUYA TAKAHASHI, PT, PhD¹⁾

¹⁾ Department of Physical Therapy, Division of Health Science, Tokyo University of Technology: 5-23-22 Nishi-Kamata, Ohta-ku,
Tokyo 144-8535, Japan TEL: +81 3-6424-2203 E-mail: h3113065d2@edu.teu.ac.jp

Rigakuryoho Kagaku 33(2): 255–259, 2018. Submitted Sep. 11, 2017. Accepted Oct. 31, 2017.

ABSTRACT: [Purpose] The purpose of this study was to determine the effect of wearing elastic stockings on cardiorespiratory responses during exercise. [Subjects and Methods] The subjects were seven healthy males. The subjects were asked at random either to wear or not wear elastic stockings. Then after a 30-minute rest, a symptom-limited cardiopulmonary exercise test was performed. [Results] There were no significant differences in cardiorespiratory responses between the two conditions. [Conclusion] The use of elastic stockings had no effect on cardiorespiratory responses during short-duration cardiopulmonary exercise testing.

Key words: elastic stockings, cardiorespiratory responses, cardiopulmonary exercise testing

要旨:〔目的〕弾性ストッキング着用が漸増運動負荷中の呼吸循環反応に及ぼす影響を検討すること。〔対象と方法〕対象は健康成人男性7名。弾性ストッキング非着用条件・着用条件にて30分間安静をとった後、心肺運動負荷試験を実施した。〔結果〕各条件間で安静時心拍数は着用条件では70.6 ± 5.2 bpm、非着用条件では78.4 ± 6.3 bpmであり有意に着用条件で低値を認めたが、運動開始以後に2条件間で呼吸循環反応に有意な差を認めなかった。〔結語〕短時間の漸増負荷運動では、弾性ストッキング着用が呼吸循環反応に影響は及ぼさない。

キーワード:弾性ストッキング、呼吸循環反応、心肺運動負荷試験

¹⁾ 東京工科大学 医療保健学部 理学療法学科：東京都大田区西蒲田5-23-22 (〒144-8535) TEL 03-6424-2203

受付日 2017年9月11日 受理日 2017年10月31日

I. はじめに

弾性ストッキングは手術後の深部静脈血栓症（Deep Vein Thrombosis：DVT）の予防を目的として、臨床でよく使用されている¹⁾。また弾性ストッキングは、四肢の浮腫の軽減を目的に医療や美容分野でも使用されているほか、自覚的な疲労の軽減を目的にスポーツ分野でも使用されたりしている。安静時の弾性ストッキングの着用効果として、黒岩らは弾性ストッキングを着用して下肢を圧迫すると、静脈の総断面積が減少して静脈血流速度の増加が生じ、下肢の静脈血うっ滞が改善すると報告している²⁾。また、三浦らは安静時の弾性ストッキングの着用により動脈のスティッフネスが低下し、上腕-足首脈波伝播速度が低下すると報告している³⁾。運動時の弾性ストッキングの着用効果としては、村瀬らは一定負荷での自転車運動において呼吸循環反応に効果がないことを報告しているが⁴⁾、名塚らは反復した等速性運動後の自覚的な疲労感が減少すると報告している⁵⁾。このように安静時や一定負荷での運動時の弾性ストッキングの着用効果として呼吸循環反応については一定の見解が得られてはいないが検討はされている。しかしながら、漸増運動負荷中の弾性ストッキング着用の効果については検討がされていない。

理学療法分野では、弾性ストッキングを着用させる機会も多いことから、弾性ストッキング着用による身体への影響を十分に理解する必要がある。

本研究の目的は弾性ストッキング着用が漸増運動負荷として心肺運動負荷試験（Cardio Pulmonary EXercise test：以下、CPEX）中の呼吸循環反応に及ぼす影響を検討することである。

II. 対象と方法

1. 対象

対象は健常成人男性7名で、年齢は25（21–36）（中央値〔最小年齢–最大年齢〕）歳、平均身長は 175.2 ± 9.0 cm、平均体重は 74.2 ± 9.2 kg（平均値 $\pm$ 標準偏差）であった。対象除外基準は、心疾患の既往のある者、その他CPEXの実施に対して禁忌⁶⁾のある者とした。研究開始にあたり、対象者に対し、書面および口頭にて本研究の目的、方法、途中で中止可能なこと、個人情報保護についての説明を行い、同意書へ署名により研究参加の同意を得た。本研究は東京工科大学倫理委員会の承認を得た（承認番号：第E16HS-008号）。

2. 方法

測定の流れを図1に示す。対象者は測定室に入室後、身長と体重を測定したのちに、ベッド上で大腿および下腿周径を測定した。左右大腿周径と下腿周径の測定はプラスチックメジャーを用いた。測定位置として大腿周径は膝蓋骨上縁と膝蓋骨上縁から5 cm、10 cm、15 cmを測定し、下腿周径は下腿最大膨隆部とした。大腿および下腿周径測定後は、弾性ストッキング非着用条件と弾性ストッキング着用条件（以下、非着用条件、着用条件）の2条件を設定して、ベッド上で30分間の安静を保持した後に、CPEXを実施した。なお、着用条件で使用した弾性ストッキングは下腿周径サイズに合わせた医療用の弾性ストッキング（アンシルクⅢ、アルケア）であり、本製品は足部の圧迫圧40 hPa（30 mmHg）を最大圧迫圧として、足部から大腿部に向けてしだいに段階的に圧迫圧を減少させることにより下肢静脈還流量を促すものである。CPEXの実施についても身体的な疲労を考慮し

図1 測定の流れ

て、2条件を無作為な順番で別日に実施した。

CPEX時の運動負荷装置は自転車エルゴメータ (Aerobike 75XL II, コンビ社製) を用いた。自転車エルゴメータのサドルの高さは、一側のペダルを最下点に位置させ、膝関節が軽度屈曲位になるように設定した。自転車エルゴメータのペダルに対する足部の位置は対象者がペダルを踏みこみやすい位置を指示した。

CPEX時の運動負荷プロトコルは、自転車エルゴメータ上で安静座位を2分保持したのちに、ウォーミングアップとして自転車エルゴメータの仕事率20ワット(W)で2分間、ペダル駆動を行った。その後、1分ごとに20Wずつ負荷量を漸増させて運動負荷中止基準に到達するまで、もしくはRPEが17となるまで運動負荷を漸増させた。運動負荷中止基準は、対象者の意思、心電図上で異常な反応(重篤な不整脈など)が生じた場合、Karvonen法による予測心拍数の90%に達した場合、American Heart Associationの中止基準⁹⁾に該当した場合とした。

CPEX後は、すぐにベッド上で背臥位になり、下腿周径と大腿周径の形態測定を行った。測定の終了は測定項目である心拍数が安静時の値に戻るまでモニタリングを行った。

CPEX時の測定項目は、呼気ガス諸量、心拍数、血圧、自覚的運動強度、自覚的運動強度指数とした。呼気ガス諸量は呼気ガス分析装置(呼気ガス代謝モニタ Cpx-1, インターリハ社製)を使用して、酸素摂取量(以下、VO₂)、二酸化炭素排出量(以下、VCO₂)、分時換気量(以下、VE)を安静時から漸増運動負荷終了時まで連続的に測定した。心拍数は胸部双極誘導の心電計(ベッドサイドモニタ BSM-2400 シリーズ, 日本光電工業社製)を使用して、安静時からCPEX終了時まで連続的に心拍数と心電図を測定、監視した。血圧は自動血圧計(運動負荷血圧監視装置 Tango+, SMI ジャパン社製)を使用して、安静時から漸増運動負荷終了時まで1分ごとに測定した。自覚的運動強度指数(Ratings of Perceived Exertion: RPE)はBorgスケールを用いて、中枢疲労(呼吸の苦しさ)と末梢疲労(下肢の疲労)に対して自覚した程度を、ベッド上安静保持30分後から開始し、漸増運動負荷終了3分時まで1分ごとに対象者に確認した。

分析は呼気ガス諸量から嫌気性代謝閾値(Anaerobic Threshold: AT)時と最高酸素摂取量(peak VO₂)、 Δ VO₂/ Δ WR、VE vs. VCO₂ Slopeを求めた後、CPEX開始後の安静時、ウォーミングアップ1分および2分時点、AT到達時点、Peak VO₂到達時点、漸増運動負荷終了後の回復期1分から3分について弾性ストッキング非着用時と着用時の2条件で、呼気ガス諸量、心拍数、Borgスケールについて対応のあるt検定を用いて比較した。大腿周径および下腿周径はCPEX前後の各々の値を2

条件で対応のあるt検定を用いて比較した。統計解析は統計解析ソフト(SPSS statistics ver. 22, IBM社製)を用いて行い、有意水準は5%とした。

III. 結 果

測定結果の各条件間での比較を表1に示す。

表1から呼気ガス諸量は弾性ストッキング着用時および非着用時の各々でAT時のVO₂は21.5 ml/kg/minと20.8 ml/kg/min、Peak VO₂は36.1 ± 5.1 ml/kg/minと37.3 ± 5.9 ml/kg/minであり2条件間で有意な差は認められなかった。同様に Δ VO₂/ Δ WR、VE vs. VCO₂ Slopeも2条件間に有意な差は認められなかった。安静時HRは着用条件では70.6 ± 5.2 bpm、非着用条件では78.4 ± 6.3 bpmであり、着用条件にて安静時心拍数は有意に低値を示した。一方、ウォーミングアップ1分後から漸増運動負荷終了後の回復期3分時点までの間に、2条件間で有意な差は認められなかった。Borgスケールは中枢疲労と末梢疲労ともに安静時や運動時に条件間での有意な差を認めなかった。大腿周径および下腿周径もCPEX実施前後で2条件に有意な差は認められなかった。

IV. 考 察

酸素摂取量は心拍出量と動静脈酸素含量較差の積で表すことができ、心拍出量は1回心拍出量と心拍数の積で示される⁷⁾。着用条件で安静時HRが非着用条件よりも低値を示したのは、弾性ストッキングの着圧により間接的な静脈の圧迫によって静脈還流量が増加したことで1回拍出量が増加して、HRが非着用条件よりも低値を示したと考えられる。しかしながら、その後のHRの変化は、ウォーミングアップ開始以降の運動時HRでは2条件間に有意な差は認められなかった。運動中は末梢筋の筋ポンプ作用や呼吸ポンプ作用ならびに交感神経活動の亢進により静脈還流量が増大するため⁸⁾、弾性ストッキングそのものによる静脈還流量の増加よりも運動時の生理的働きによる静脈還流量の増加により、1回心拍出量が増加して2条件間の心拍数に影響したと考えられる。さらに漸増運動負荷についても2条件間で酸素摂取量に違いを認めなかったことから、自覚的運動強度指数についても2条件間に違いを認めず自覚疲労感にも影響を示さなかったと考えられる。

以上から短時間の漸増運動負荷では医療用弾性ストッキングの着用は安静時には着用の効果として呼吸循環反応に影響するが、漸増運動負荷時には影響を及ぼさないことが明らかとなった。

本研究は弾性ストッキング着用による効果を安静時のみならず漸増運動負荷を用いて検討した基礎的な研究で

表 1 測定結果の各条件間での比較

		非着用条件	着用条件	p 値
VO2 (ml/kg/min)	AT	20.8 ± 3.6	21.5 ± 2.8	
	peak	37.3 ± 5.9	36.1 ± 5.1	
△VO2/△WR (ml/min/watt)		10.4 ± 0.8	9.6 ± 1.3	
VE vs. VCO2 slope		19.6 ± 4.9	19.9 ± 3.9	
心拍数 (bpm)	安静	78.4 ± 6.3	70.6 ± 5.2	0.035
	ウォーミングアップ 1 分	83.9 ± 6.4	84.0 ± 5.6	
	2 分	86.3 ± 4.6	83.9 ± 6.2	
	AT	110.0 ± 8.8	110.0 ± 8.4	
	peak	165.0 ± 6.7	164.0 ± 9.9	
	回復期 1 分	139.0 ± 11.6	135.9 ± 10.0	
	2 分	118.9 ± 9.5	118.1 ± 8.0	
	3 分	109.6 ± 6.9	107.6 ± 5.5	
Borg スケール	中枢 安静	6 (6)	6 (6)	
	ウォーミングアップ 1 分	6 (6)	6 (6)	
	2 分	6 (6-7)	6 (6-7)	
	AT	9 (8-11)	9 (7-11)	
	peak	15 (14-17)	15 (14-17)	
	回復期 1 分	11 (10-16)	11 (9-14)	
	2 分	9 (8-15)	9 (7-13)	
	3 分	7 (6-13)	8 (6-12)	
	末梢 安静	6 (6-7)	6 (6)	
	ウォーミングアップ 1 分	6 (6-7)	6 (6-7)	
	2 分	6 (6-7)	6 (6-7)	
	AT	9 (8-13)	9 (7-13)	
	peak	15 (13-17)	15 (15-17)	
	回復期 1 分	11 (9-15)	11 (7-14)	
	2 分	9 (8-15)	10 (7-13)	
	3 分	8 (7-13)	8 (6-12)	
運動前大腿周径 (cm)	右	膝蓋骨上縁 0 cm	39.6 ± 2.8	39.7 ± 2.9
		膝蓋骨上縁 5 cm	43.6 ± 3.0	43.9 ± 2.9
		膝蓋骨上縁 10 cm	48.6 ± 3.1	48.5 ± 3.2
		膝蓋骨上縁 15 cm	53.2 ± 2.9	52.9 ± 3.1
	左	膝蓋骨上縁 0 cm	39.6 ± 2.4	39.9 ± 2.7
		膝蓋骨上縁 5 cm	43.5 ± 2.5	44.2 ± 2.9
		膝蓋骨上縁 10 cm	47.9 ± 2.9	49.5 ± 3.3
		膝蓋骨上縁 15 cm	53.1 ± 3.1	53.5 ± 3.2
運動前下腿周径 (cm)	右	最大膨隆部	38.5 ± 3.1	38.7 ± 3.0
	左	最大膨隆部	38.5 ± 2.8	38.7 ± 2.7
運動後大腿周径 (cm)	右	膝蓋骨上縁 0 cm	40.2 ± 2.5	39.9 ± 2.9
		膝蓋骨上縁 5 cm	44.6 ± 2.8	44.3 ± 3.5
		膝蓋骨上縁 10 cm	49.7 ± 2.8	49.4 ± 3.3
		膝蓋骨上縁 15 cm	54.0 ± 2.8	53.5 ± 3.1
	左	膝蓋骨上縁 0 cm	40.1 ± 2.2	44.6 ± 2.7
		膝蓋骨上縁 5 cm	44.6 ± 2.7	44.6 ± 2.7
		膝蓋骨上縁 10 cm	49.9 ± 3.9	49.8 ± 3.1
		膝蓋骨上縁 15 cm	54.4 ± 3.2	53.5 ± 3.2
運動後下腿周径 (cm)	右	最大膨隆部	38.6 ± 2.9	38.6 ± 2.9
	左	最大膨隆部	38.6 ± 2.3	38.4 ± 2.6

VO2 : volume oxygen consumption, AT : anaerobic threshold, WR : work rate, VE : minute ventilation, VCO2 : volume carbon dioxide production. Borg スケールは中央値 (小-大), その他は平均値 ± 標準偏差.

あった。対象者が健常男子大学生であったことや対象者数が十分ではなかったため、今後は、対象者数ならびに年齢を拡大して弾性ストッキング着用が漸増運動負荷時の呼吸循環反応に及ぼす影響の検討を行い、弾性ストッキングの着用効果の検討を行っていく。また今回は医療用弾性ストッキングを使用した。健常者は日常生活では医療用弾性ストッキング使用せずにスポーツ用弾性ストッキングを使用する。そのため健常者では弾性ストッキング着用の効果としてスポーツ用弾性ストッキングで検討すると運動時の呼吸循環反応に影響を及ぼす可能性があるのではないかと考えられるため、今後検討を行っていく。

引用文献

- 1) 日本循環器学会ホームページ：肺血栓塞栓症および深部静脈血栓症の診断，治療，予防に関するガイドライン2009年改訂版。 http://www.j-circ.or.jp/guideline/pdf/JCS2009_andoh_h.pdf (閲覧日2016年10月17日)。
- 2) 黒岩政之，宇治橋善勝，高平尚伸・他：下肢深部静脈に対する弾性ストッキングの血流増加効果。 静脈学，2014，25: 326-331。
- 3) 三浦 隆，岩崎徹治，岡本孝信：段階的圧迫機能を持つストッキングの着用が動脈ステイフネスに及ぼす影響。 体力科学，2013，62: 113-117。
- 4) 名塚健史，雨宮克也，渡部健二・他：スポーツ用弾性タイツの運動時着用の効果について。 スポーツ医学，2009，26: 1047-1051。
- 5) 村瀬訓生，大澤拓也，藤岡正子・他：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—運動体位の相違による検討—。 脈管学，2010，50: 467-473。
- 6) Fletcher GF, Ades PA, Kligfield P, et al. American Heart Association Exercise, Cardiac Rehabilitation, and Prevention Committee of the Council on Clinical Cardiology, Council on Nutrition, Physical Activity and Metabolism, Council on Cardiovascular and Stroke Nursing, and Council on Epidemiology and Prevention: Exercise standards for testing and training: a scientific statement from the American Heart Association. *Circulation*, 2013, 128: 873-934。
- 7) 高橋哲也：循環器系の生理。 吉尾雅春，高橋哲也・他（編），標準理学療法学内部障害理学療法学。 医学書院，東京，2014，p27。
- 8) 伊藤守弘，尾方寿好，西垣景太・他：医療用弾性ストッキングによる下肢圧迫が運動時の心肺機能に及ぼす影響。 第26回健康医科学研究助成論文集，2011，p30。