

弾性ストッキングが高強度歩行運動中および 運動後回復過程の呼吸循環反応に与える影響

岩本昂樹・荻原清菜・樋口陽美

要旨

本研究の目的は、弾性ストッキングの着用が高強度歩行運動中および運動後回復過程の呼吸循環反応、呼吸困難、下肢疲労に及ぼす影響とともに、性差による相違を検討することである。若年健康者 20 名を対象に、弾性ストッキング着用と非着用の 2 条件で 80% 最高酸素摂取量に相当する高強度定常負荷歩行運動を実施した。呼吸困難、下肢疲労、血圧、心拍数、呼気ガス分析から得られる各種指標を測定し、運動時および回復時への影響や男女別の相違を比較した。結果、弾性ストッキングの着用により運動時では、心拍数が有意に低値を、回復時では心拍数が有意に低値、死腔換気率が有意に高値を示した。男女別では、女性のみ弾性ストッキングの着用により運動時の 1 回換気量が有意に高値を、心拍数、呼吸数が有意に低値を示した。以上より、高強度運動時における弾性ストッキングの着用は、呼吸循環系へのストレスの軽減に寄与し、運動療法の補助的手段になり得る可能性が示唆された。

目的

呼吸器および循環器疾患に対する運動療法の有効性は、強いエビデンスをもって確立されている。特に高強度トレーニングは、低強度と比較して生理学的効果が高いが、重症例や症状の強い症例では、実施困難であることが少なくない。最近、酸素投与や機械的換気補助、弾性ストッキングの着用など、運動負荷に対する呼吸・循環系のストレスを軽減するための補助的手段の併用が試みられている。中でも、弾性ストッキングは簡便な方法であり、臨床において広い適用が期待できる。

弾性ストッキングは、一般的に術後の深部静脈血栓症の予防や下肢静脈瘤、浮腫の軽減を目的として使用されている。その効果として、圧迫により筋ポンプ作用が補助され、静脈還流量の増加やうっ血の改善が認められている^{1,2)}。また、運動中に着用することで、下肢の血流速度の上昇³⁾や筋疲労の軽減⁴⁾、自覚的疲労度の軽減⁵⁾、下腿浮腫の予防^{4,5)}、下肢筋出力の向上⁶⁾が報告され、スポーツ分野でも注目されている。

運動時の弾性ストッキング着用効果については、健康者を対象に様々な報告がある。その中でも、最も一般的な運動様式である歩行について着目すると、主に低強度の歩行運動にて、弾性ストッキングの着用により安静時や運動時の心拍数(heart rate; 以下, HR)の低下^{7,8)}や全身疲労感の軽減⁷⁾、死腔換気率(ratio of dead space to tidal volume; 以下, V_D/V_T)の低下によるガス交換能の向上⁹⁾が報告されている。これらの先行研究では、歩行運動を低強度に設定したものが多く^{3,7,9)}、高強度運動時における影響については不明な点が多い。また、運動後の HR や血圧、酸素摂取量(oxygen consumption; 以下, $\dot{V}O_2$)といった呼吸循環指標の回復過程に及ぼす影響までは検討されていない。さらに、対象者を男性あるいは女性のいずれかに限定、特に男性を対象とした研究が多く^{3,9)}、性差の影響は明らかにされていない。

私たちは、弾性ストッキングを着用することで、筋ポンプ作用の補助により静脈還流が促進され、それに伴い 1 回拍出量が増加し、高強度運動時

でも HR の減少や、呼吸困難および下肢疲労の軽減、 V_D/V_T の低下が期待できるという仮説を立てた。また、運動後では回復時間の短縮が得られ、下肢筋量が少ない^{10, 11)}女性の方が、弾性ストッキングの影響を受けやすいのではないかと考えた。高強度運動時とその回復時に弾性ストッキングを着用し、運動時の負担が軽減できれば、適用の可能性が高くなる。

以上の仮説に基づき、本研究の目的は、弾性ストッキングの着用が高強度歩行運動時および回復時の呼吸循環反応、呼吸困難、下肢疲労に及ぼす影響とともに、性差による影響の相違について明らかにすることとした。

対象

本研究の趣旨を理解し、同意が得られた若年健康者 20 名(男性, 女性それぞれ 10 名)を対象とした。除外基準は測定日の体調不良者, 小児期に先天性疾患があったと指摘された者, 呼吸器疾患(気道狭窄[気管軟化症など], 嚢胞性肺疾患など, 気管支喘息に関しては 1 年以内に症状が出現したもの)や循環器疾患の既往, 運動器疾患(本研究での運動負荷が困難なもの), 末梢血管疾患, 糖尿病, 弾性ストッキングの着用困難(下腿最小周径が 15cm 未満あるいは 27cm 以上), 皮膚疾患, ストッキング素材に対する過敏症, body mass index (以下, BMI) 25kg/m² 以上, 過去および喫煙者とした。対象者には, 本研究の目的および手順, 内容, リスクについて口頭および文書で十分に説明し, 書面にて同意を得た上で実施した。なお本研究は, 長崎大学大学院医歯薬学総合研究科倫理委員会の承認を得て実施した(許可番号 19041106)。

方法

1. 測定項目

1) 事前調査

長崎大学医学部保健学科内部障害系理学療法学研究室にて, 研究説明書を用いて測定の手順, 目的, リスク等について十分なオリエンテーションを行った。その後, 身長, 体重, 下肢周径(下腿最小部, 下腿最大部, 膝蓋骨直上 20cm),

バイタルサインを測定した。

2) 漸増運動負荷試験

高強度歩行運動の運動強度(歩行速度)を決定するために, 漸増運動負荷試験(cardiopulmonary exercise test; 以下, CPX)を実施した(図 1)。自転車エルゴメータ(COMBI 社製 232CXL9)を使用し, 回転数 60 回/分, 20W/分のランプ負荷を適用した。試験中は, 呼気ガス分析装置(アニマ社製携帯型酸素消費量計エアロニック AT-1000), 心拍数モニター(ポラール社製心拍センサー H10)を装着し, 呼吸・循環動態を連続モニターした。運動終了基準は, 対象者が症候限界に至った時点とし, 中止基準は成書¹²⁾に従った。CPX の結果より最高酸素摂取量(以下, peak $\dot{V}O_2$)を運動終了前 30 秒間の平均値を用いて算出した。

2. 高強度定常負荷歩行運動の測定プロトコル

1) 測定方法

CPX 実施後, テッドミルを用いた高強度定常負荷歩行運動を弾性ストッキング着用の有無の 2 条件で行った(図 1)。2 条件による運動は, 実施順による慣れの影響を排除するためにランダムな順序で実施した(図 2)。その割付けは封筒法にて行い, 2 回の測定は 1 日以上間隔を空けた。弾性ストッキングは, アルケア社製アンシルク・3¹³⁾を使用し, 被験者の下肢周径に従ってサイズを選択した。運動強度は, peak $\dot{V}O_2$ の 80%に相当する歩行速度を適用した。歩行速度は, 下記の歩行運動の代謝式¹⁴⁾

$$\dot{V}O_2 = (0.1 \times \text{速度}) + (1.8 \times \text{速度} \times \text{傾斜}) \\ + \text{安静時 } \dot{V}O_2$$

をもとに男性, 女性それぞれで一定の傾斜角度を算出し, その傾斜角度と 80% peak $\dot{V}O_2$ の測定値を代入して決定した。高強度定常負荷歩行運動の測定プロトコルを図 3 に示す。



図 1 定常負荷運動

右図は呼吸困難・下肢疲労の評価の様子

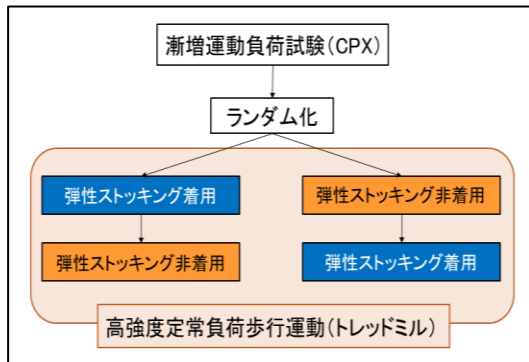


図 2 研究プロトコル

ストレッチ 5分	安静(座位) 5分	W-up 2分	定常負荷運動 15分	C-down 1分	回復(座位) 10分
-------------	--------------	------------	---------------	--------------	---------------

図 3 高強度定常負荷歩行運動プロトコル

W-up: ウォーミングアップ, C-down: クールダウン

2) 測定項目

①呼吸困難・下肢疲労

修正 Borg Scale を用いて安静終了時, 定常負荷運動開始から運動終了後 10 分までの間 1 分毎に呼吸困難, 下肢疲労を評価した。

②酸素飽和度

パルスオキシメーター(帝人社製 PULSOX-Me300)を用いて, 安静終了時, 定常負荷運動開始から 5 分毎, 定常負荷運動終了後から 1 分毎に経皮的動脈血酸素飽和度(percutaneous oxygen saturation; 以下, SpO₂)を測定した。

③血圧

血圧計(テルモ社製電子血圧計 H56)を用いて安静終了時, クールダウン終了時, その後運動終了後 10 分まで 1 分毎に測定した。

④HR

前述の心拍数モニターを用いて安静時から運動終了後 10 分まで連続的に測定した。

⑤VO₂ および換気諸量

前述の呼気ガス分析装置を用いて, $\dot{V}O_2$, 分時換気量(minute ventilation; 以下, \dot{V}_E), 1 回換気量(tidal volume; 以下, V_T), 換気効率(minute ventilation/carbon dioxide output ; 以下, $\dot{V}_E/\dot{V}CO_2$), 呼吸数(respiratory rate; 以下, RR), V_D/V_T , 酸素脈(oxygen consumption/heart rate; 以下, $\dot{V}O_2/HR$)を安静時から運動終了後 10 分まで連続的に測定した。

①, ②は定常負荷運動終了時点での値を, ③は運動中の測定が不可能であったため, クールダウン直後の値を運動時の値として代用した。④, ⑤においては, 安静時より連続的に測定し, 運動時の値として運動終了前 5 分間の平均値を解析に用いた。

3. 統計学的解析方法

弾性ストッキング着用の有無での 2 条件における上記測定項目の比較には, 対応のある t 検定あるいは Wilcoxon 符号付順位検定を用いた。回復時については, 弾性ストッキングの有無と時間を因子とした反復測定の実験設計分散分析を用いて解析した。男女別の比較では, 対応のある t 検定または Wilcoxon 符号付順位検定により, 2 条件での差の比較を男女でそれぞれ行った。また, 弾性ストッキング非着用条件と比較し, 着用条件で呼吸困難(修正 Borg Scale)が 1 以上低下した群を改善群, 低下しなかった群を非改善群と定義し¹⁵⁾, 2 群間で関連する測定項目について, 対応のない t 検定あるいは Mann-Whitney の U 検定により比較した。測定値は平均値±標準偏差で示し, 統計学的有意差は 5% とした。上記の解析には, 統計解析ソフトウェア IBM SPSS Statistics 21 (IBM 社製)を使用した。

結果

1. 対象者背景

全対象者の背景を表 1 に示す。CPX では、対象者 20 名中 2 名が実施直後に気分不良を訴えたが、その他は問題なく実施した。定常負荷運動についても有害事象等の発生はなかった。

2. 運動時の弾性ストッキング着用有無での比較
運動時の弾性ストッキングの着用有無での比較を表 2 に示す。HR は弾性ストッキング非着用と比べて着用で有意に低値 ($p=0.032$) を示した。他の項目には両者に有意差を認めなかったが、呼吸困難では、弾性ストッキング着用で軽減する傾向 ($p=0.064$) であった。

表 1 対象者背景

	全体 (n=20)	男性 (n=10)	女性 (n=10)
年齢, 歳	21.3 ± 0.8	21.6 ± 0.9	21 ± 0.5
BMI, kg/m ²	21.1 ± 1.9	20.8 ± 1.6	21.3 ± 2.1
運動習慣(あり/なし), 名	6/14	3/7	3/7
peak $\dot{V}O_2$, ml/kg/min	30.0 ± 5.0	32.4 ± 4.2	26.7 ± 3.7
peak HR, bpm	180.4 ± 13.6	187.5 ± 8.3	173.2 ± 14.5
peak WR, W	160.3 ± 33.8	187.3 ± 22.4	139.3 ± 25.1
歩行速度, km/h	4.7 ± 0.7	4.8 ± 0.7	4.7 ± 0.8

平均値 ± 標準偏差

BMI: body mass index, peak $\dot{V}O_2$ (maximum oxygen consumption): 最高酸素摂取量, peak HR (peak heart rate): 最高心拍数, peak WR (peak work rate): 最高仕事量

表 1 全対象者における運動時の弾性ストッキング着用, 非着用での各測定項目の比較

測定項目	ストッキング着用	ストッキング非着用	p 値
呼吸困難	2.4 ± 1.4	2.8 ± 1.6	0.064
下肢疲労	3.7 ± 2.0	3.5 ± 2.1	0.773
SpO ₂ , %	95.9 ± 0.8	95.9 ± 1.0	0.763
収縮期血圧, mmHg	126.3 ± 10.5	129.7 ± 11.5	0.117
拡張期血圧, mmHg	81.7 ± 8.7	84.9 ± 8.1	0.182
HR, bpm	143.0 ± 16	147.0 ± 16	0.032
$\dot{V}O_2$, ml/ kg/ min	21.7 ± 3.6	21.9 ± 3.9	0.718
\dot{V}_E , L/min	33.6 ± 6.6	35.2 ± 7.1	0.163
V_T , L	1.1 ± 0.3	1.1 ± 0.3	0.513
$\dot{V}_E/\dot{V}CO_2$	28.9 ± 2.6	29.6 ± 2.0	0.129
RR, fpm	30.8 ± 5.8	30.7 ± 4.0	0.421
V_D/V_T	0.30 ± 0.02	0.29 ± 0.01	0.183
$\dot{V}O_2/HR$, ml/beat	8.7 ± 1.9	8.5 ± 1.8	0.130

平均値 ± 標準偏差

SpO₂ (percutaneous oxygen saturation): 経皮的動脈血酸素飽和度, HR (heart rate): 心拍数, $\dot{V}O_2$ (oxygen consumption): 酸素摂取量, \dot{V}_E (minute ventilation): 分時換気量, V_T (tidal volume): 1 回換気量, $\dot{V}_E/\dot{V}CO_2$ (minute ventilation/carbon dioxide output): 換気効率, RR (respiratory rate): 呼吸数, V_D/V_T (ratio of dead space to tidal volume): 死腔換気率, $\dot{V}O_2/HR$ (oxygen consumption/heart rate): 酸素脈

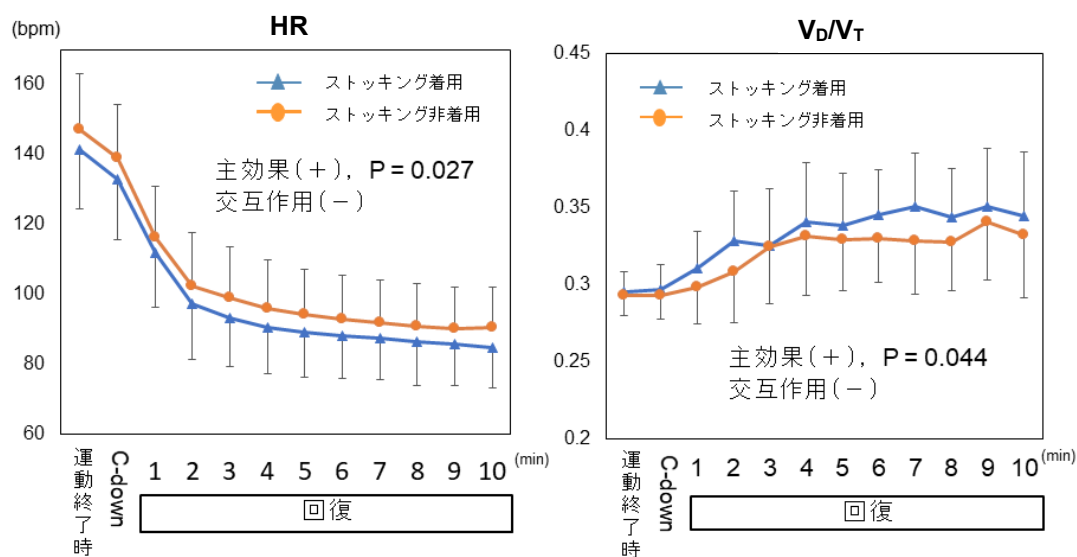


図 4 全対象者における回復時の弾性ストッキング着用と非着用の HR, V_D/V_T の比較

表 2 男女別での運動時の弾性ストッキング着用, 非着用での各測定項目の比較

	男性			女性		
	ストッキング着用	ストッキング非着用	p 値	ストッキング着用	ストッキング非着用	p 値
呼吸困難	2.2 ± 1.5	2.8 ± 1.7	0.084	2.6 ± 1.4	2.8 ± 1.6	0.480
下肢疲労	4.2 ± 2.1	3.7 ± 2.4	0.495	3.2 ± 1.8	3.3 ± 1.8	0.862
SpO ₂ , %	95.8 ± 0.6	95.7 ± 0.5	0.564	95.9 ± 1.0	96.1 ± 1.4	0.480
収縮期血圧, mmHg	129.2 ± 10.3	133.0 ± 4.2	0.528	131.7 ± 16.1	120.4 ± 10.9	0.225
拡張期血圧, mmHg	79.3 ± 13.6	85.0 ± 3.4	0.444	83.7 ± 5.5	82.1 ± 7.5	0.762
HR, bpm	145.7 ± 18.8	145.2 ± 18.6	0.838	141.1 ± 13.9	148.7 ± 13.4	0.005
$\dot{V}O_2$, ml/ kg/ min	24.0 ± 3.0	23.5 ± 3.4	0.403	19.4 ± 2.5	20.3 ± 3.9	0.156
\dot{V}_E , L/min	38.6 ± 5.1	38.8 ± 5.6	0.910	28.7 ± 3.2	31.5 ± 6.7	0.080
V _T , L	1.25 ± 0.2	1.29 ± 0.2	0.198	1.04 ± 0.2	0.96 ± 0.2	0.012
$\dot{V}_E/\dot{V}CO_2$	28.5 ± 3.4	28.9 ± 1.6	0.630	29.4 ± 1.4	30.4 ± 2.2	0.068
RR, fpm	31.8 ± 7.2	29.6 ± 3.5	0.214	29.9 ± 4.1	31.9 ± 4.4	0.037
V _D /V _T	0.30 ± 0.02	0.29 ± 0.01	0.464	0.30 ± 0.02	0.29 ± 0.02	0.291
$\dot{V}O_2$ /HR, ml/beat	10.0 ± 1.4	9.7 ± 1.5	0.205	7.4 ± 1.3	7.3 ± 1.3	0.447

平均値 ± 標準偏差

SpO₂ (percutaneous oxygen saturation) : 経皮的動脈血酸素飽和度, HR (heart rate) : 心拍数, $\dot{V}O_2$ (oxygen consumption) : 酸素摂取量, \dot{V}_E (minute ventilation) : 分時換気量, V_T (tidal volume) : 1 回換気量, $\dot{V}_E/\dot{V}CO_2$ (minute ventilation/carbon dioxide output) : 換気効率, RR (respiratory rate) : 呼吸数, V_D/V_T (ratio of dead space to tidal volume) : 死腔換気率, $\dot{V}O_2$ /HR (oxygen consumption/heart rate) : 酸素脈

3. 回復時の弾性ストッキング着用有無での比較
回復時の弾性ストッキングの着用有無での比較を図 4 に示す。HR, V_D/V_T ともに有意な主効果 ($p=0.027$, $p=0.044$) を認めた。HR においては回復開始から終了まで弾性ストッキング着用条件で有意に低値であり、また V_D/V_T においては弾性ストッキング着用で有意に高値であった。HR, V_D/V_T ともに有意な交互作用を認めず、両条件で同様の経時的な変化を示した。

4. 運動時の弾性ストッキングの着用有無での男女別の比較

運動時の弾性ストッキングの着用有無での男女別の比較を表 3 に示す。 V_T は女性のみ弾性ストッキング着用が非着用と比べて有意に高値 ($p=0.012$) を示した。HR, RR は女性のみ弾性ストッキング着用が非着用と比べて有意に低値 ($p=0.005$, $p=0.037$) であった。

5. 改善群と非改善群の 2 群間での比較

呼吸困難改善に影響する因子を検討し、その結果を表 4 に示す。呼吸困難は、弾性ストッキング着用による非改善群に比べて改善群が有意に高値 ($p=0.030$) であった。

表 3 呼吸困難改善に関連する因子

	改善群 (n=9)	非改善群 (n=11)	p 値
呼吸困難*	3.7 ± 1.5	2.1 ± 1.3	0.030
下肢疲労*	3.8 ± 2.2	3.3 ± 2.0	0.564
HR, bpm [†]	5.7 ± 2.7	7.2 ± 4.8	0.518
$\dot{V}_E/\dot{V}CO_2$ [†]	1.2 ± 1.1	2.0 ± 1.5	0.160
RR, fpm [†]	1.8 ± 1.8	3.8 ± 4.5	0.119
V_D/V_T [†]	0.2 ± 0.02	0.1 ± 0.08	0.569
$\dot{V}O_2/HR$ [†] , ml/beat	0.5 ± 0.3	0.6 ± 0.5	0.569
Peak $\dot{V}O_2$, ml/min/kg	30.9 ± 4.8	28.6 ± 4.9	0.323
Peak HR, bpm	185.5 ± 12.0	176.2 ± 13.9	0.074
運動習慣(あり/なし), 名	3/6	3/8	0.574
性別(男/女), 名	6/3	4/7	0.185
BMI, kg/m ²	20.9 ± 1.6	21.2 ± 2.2	0.790

平均値 ± 標準偏差, *運動時: ストッキング非着用条件の運動時の値, [†]変化量: ストッキング着用, 非着用条件での運動時の差

HR (heart rate): 心拍数, $\dot{V}_E/\dot{V}CO_2$ (minute ventilation/carbon dioxide output): 換気効率, RR (respiratory rate): 呼吸数, V_D/V_T (ratio of dead space to tidal volume): 死腔換気率, $\dot{V}O_2/HR$ (oxygen consumption/heart rate): 酸素脈, peak $\dot{V}O_2$ (maximum oxygen consumption): 最高酸素摂取量, peak HR (peak heart rate): 最高心拍数, BMI: body mass index

考察

本研究では、高強度歩行運動時に弾性ストッキングの着用によって運動時、回復時とも HR は低下し、呼吸困難は軽減傾向であった。また、女性にのみ HR の低下、および V_T , RR に変化を

認めた。加えて、運動時の呼吸困難が強い対象者ほど呼吸困難の軽減効果が大きいことが明らかとなった。

運動時の反応では、着用によって HR が有意に低値を示したが、他の項目に関して有意差は認められなかった。呼吸困難においては有意差を認めないものの、着用によって軽減する傾向

がみられた。HR が低値を示した要因として、着用により下腿の静脈コンプライアンスの上昇が起り、静脈還流が亢進することが示されており²⁾、それによって左室拡張末期容積が増大、すなわちフランク・スターリング機序によって1回拍出量が増加し、HRの低下が生じたと考えられる。

運動後の回復過程においては、着用によってHRが有意に低値、 V_D/V_T は有意に高値を示したが、両者はともに時間との交互作用を認めなかった。交互作用は、経時変化について弾性ストッキング着用・非着用の2条件での相違を示しており、上記結果は回復時間の短縮効果を認めなかったということを示している。しかし、HRは運動中に低値を示した状態が回復過程においても持続したと考えられた。また、着用によって V_D/V_T はよりベースラインに近い値で推移しており、両者は着用によってより安定した値を示したものと考える。

男女別の運動時の検討においては、着用により女性のみHR、RRが有意に低値であり、 V_T が有意に高値を示した。 V_T については、着用による静脈還流量の増加によって、肺への血流量が増加したことに伴う何らかの変化であったのではないかと推察する。また、運動時の V_T とRRの関係は、運動開始からは V_T が増加することで換気量が確保されるが¹⁶⁾強度の増加に伴ってRRが増加し始め、最終的にはRRの増加にのみ依存する。高強度負荷運動の場合は換気のパターンとして、RRの増加によって換気量が確保される段階であると考えられるが、着用によって V_T の増加によるパターンが維持され、RRの増加が抑制された可能性を考えた。

このような変化が女性のみ認められた要因としては、下肢の筋機能に依存したのではないかと推察した。特に筋ポンプ作用は、主に腓腹筋が関与しているが、女性は下肢骨格筋量が少ないためその作用は小さく、このことが、その一因ではないかと考える。また、先行研究の中には、健常成人45名(男性23名、女性22名)を対象に、快適歩行速度を高める機能性レギンスの効果を検証した報告がある¹⁷⁾。膝伸展アシスト機能の有無にかかわらず、女性は着用によって有意に快適歩行速度が高まることが確認されている。このことから、身体的要因だけでなく心理的要因

なども関係した可能性が考えられる。

また、弾性ストッキング着用による呼吸困難軽減の有無で検討した結果については、改善群で運動時の呼吸困難が有意に高値であった。この結果から、運動時に呼吸困難が強い対象者ほど、その着用によって、呼吸困難の軽減効果が得られやすい可能性が示された。

本研究の制限因子として、対象者が若年健常成人であったことから、高強度の運動で弾性ストッキングを非着用時でも筋ポンプ作用が十分に働いていたことが考えられ、着用の影響を受けにくかった可能性は否定できない。また、対象者数が男性および女性それぞれで10名ずつであり、性差を検討する上での十分なサンプル数を確保できなかったこともあげられる。加えて、着用によって運動時に女性のみ V_T が高値を示したことについての、詳細な機序は今回の研究結果からは明らかにできなかった。

今回、高強度の定常負荷歩行運動中と回復過程に弾性ストッキングを着用することで、運動時はHRの低下、加えて女性のみ V_T の増加、HR、RRの低下を認めた。また、着用による呼吸困難の軽減効果は、運動時の呼吸困難が強いほど得られやすいことが明らかとなった。この結果より、弾性ストッキングは高強度運動療法においてHR減少をもたらす、その補助的手段となる可能性が考えられ、特に呼吸困難の強い対象者が着用することで、その軽減が得られる可能性が期待できる。今後は、対象者数を増やして性差による影響の再検討や、女性と同様に下肢骨格筋量が少ないと考えられる高齢者を対象に検討する必要がある。

まとめ

本研究は若年健常者を対象に弾性ストッキングが高強度の定常歩行運動中と回復過程の呼吸循環反応に与える影響を検討した。今後、着用による反応の詳細な機序を明らかにできれば、高強度運動療法の補助的手段として呼吸器および循環器疾患患者へも応用できる可能性があると考えられる。

謝辞

本研究を進めるにあたって、研究の実施に快くご協力をいただいた被験者の皆様、貴重なご意見やご指導をいただきました長崎大学大学院医

歯薬学総合研究科内部障害リハビリテーション学研究室の方々、ならびに測定から解析、発表まで丁寧なご指導を賜りました新貝和也助教、田中貴子助教に厚く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 黒岩政之, 宇治橋善勝, 他: 下肢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;3:26-331.
- 2) 早田 剛, 三浦 隆, 他: 段階的弾性ストッキング歩行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. 2006;55:421-428.
- 3) 菱木悠介, 田上未来, 他: 歩行時における弾性ストッキングの効果の検証～医療用弾性ストッキング・スポーツ用弾性ストッキング・コントロールの比較～. 理学療法学. 2015;42: Supplement (2).
- 4) 犬塚剛弘, 原 丈貴, 他: 間欠的運動に対するスポーツ用弾性ストッキングの効果. 日本体育学会山陰支部山陰体育学研究. 2011:37-43.
- 5) 名塚健史, 雨宮克也, 他: 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. 2009;26:1047-1051.
- 6) 三浦 隆, 福島丈晴, 他: 段階的圧迫機能を持つスポーツ用弾性圧迫ソックスの運動時着用効果. 体力科学. 2007;56:879.
- 7) 三浦 隆, 早田 剛, 他: 段階的圧迫機能を持つ弾性ストッキング装着による歩行時の生理学的影響. 体力科学. 2005;54:489.
- 8) 永野順子, 鳥越成代, 他: 下肢加圧タイツが運動中の心臓血管系の応答と重力刺激に及ぼす影響. 文化学園大学・文化学園大学短期大学紀要. 2018;49:69-77.
- 9) 守川恵助, 田平一行, 他: 弾性ストッキング歩行が呼吸循環応答に与える影響. 日本呼吸ケア・リハビリテーション学会誌. 2011;21:199.
- 10) 谷本芳美, 渡辺美鈴, 他: 日本人筋肉量の加齢による特徴. 日本老年医学会雑誌. 2010;47:52-57.
- 11) 坂井建雄, 岡田隆夫, 他: 解剖生理学—人体構造と生理学1—. 医学書院. 2016, pp.367.
- 12) 吉尾雅春, 高橋哲也, 他: 内部障害理学療法学. 医学書院, 2016, pp.52-59.
- 13) アルケア株式会社ホームページ.
<http://www.alcare.co.jp/medical/ansilk/product3.html> (2019年3月20日引用)
- 14) ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription Seventh edition. Lippincott Williams and Wilkins, 2005, pp.286-299.
- 15) Ries AL: Minimally clinically important difference for the UCSD Shortness of Breath Questionnaire, Borg Scale, and Visual Analog Scale. COPD. 2005;2:105-110
- 16) 小室 透, 間瀬教史, 他: 運動時における健常者の呼吸パターン(呼吸数と一回換気量の関係)および呼吸運動の変化. 理学療法学. 1994;21(8):549-552.
- 17) 串田啓介: 快適歩行速度を向上させる機能性レギンスの研究. 繊維製品消費科学. 2017;(58):124-128.

(指導教員: 神津 玲)