

スポーツウェアの材質・機能の違いが非定常負荷運動時の生理応答に与える影響

広島工業大学 西村 一 樹
(共同研究者) 香川大学 吉岡 哲
川崎医療福祉大学 小野寺 昇
広島工業大学 高本 登

Effects of Materials and Functions of Sports Clothes on Physiological Response during Unsteady Workload Exercise

by

Kazuki Nishimura
Hiroshima Institute of Technology
Akira Yoshioka
Kagawa University
Sho Onodera
Kawasaki University of Medical Welfare
Noboru Takamoto
Hiroshima Institute of Technology

ABSTRACT

The purpose of this study was to determine the heart rate (HR), the blood pressure (BP) and the oxygen uptake responses in wearing sports clothes with compression and gradation during unsteady workload exercise. Volunteering to participate in this study were 18 healthy Japanese males, who gave their informed consent prior to participation. Each subject performed cycling exercise for 32 min, and recovered for 10 min in the supine position. They performed the exercise in two portions, a calibration test portion

and gradual increase and decrease of workload exercise test portions. The calibration test consisted of three 4min bouts of exercise at 20, 60 and 40% of maximum oxygen uptake. The gradual increase and decrease of workload exercise test consisted of 4min bouts of gradual increase and decrease of workload exercise at between 20 and 60% of maximum oxygen uptake. The experimental conditions were control condition (C-condition) and wearing sports clothes in compression and gradation condition (CG-condition). HR, BP, oxygen uptake were measured in both experiments. Maximal and minimal values, amplitude and phase lags at workload top and bottom were measured in each gradual increase and decrease of workload exercise cycle. At rest, physiological markers showed no significant difference in either condition. HR at 60% and top of workload in the CG-condition was significantly lower than in the C-condition ($p < 0.05$, respectively). At 20%, 40% and bottom workload, however, HR showed no significant difference in either condition. The phase lags to the top the workload in the CG-condition was significantly shorter than on the C-condition ($p < 0.05$). However, phase lags to the bottom of the workload showed no significant difference in either condition. BP, oxygen uptake and double product showed no significant difference in either condition. These data suggest that the sports clothes in compression and gradation acts as an advantage of the relative exercise intensity decrease in moderate bicycle exercise.

要 旨

本研究は、段階的着圧機能を有するスポーツウェアの着用が非定常負荷運動中の生理指標に及ぼす影響を明らかにした。健康な成人男性18名を対象に自転車運動を実施した。運動は、定常負荷運動（最大酸素摂取量の20%、60%、40%）と非定常負荷運動（最大酸素摂取量の20-60%強度における漸増漸減負荷運動）とした。測定条件は、段階的着圧ウェアを着用する条件と着用しない条件とした。測定項目は、心拍数、血圧、酸素摂取量とした。漸増漸減負荷運動の心拍数、酸素摂取量の最高値、最低値、位相の遅れ時間、振幅割合を算出した。その結果、段階的着圧ウェアの着用が安静時と運動後回復期の生理指標に及ぼす影響は小さいが、定常負

荷運動（60%）、漸増負荷局面の心拍数を有意に減少させ、位相の遅れ時間を有意に短縮させることがわかった。この応答は、低強度運動においては観察されなかった。以上の結果より、段階的着圧機能を有するスポーツウェアの着用は、中等度の自転車運動において相対的な運動強度減少の利点として作用するものと考えられる。

緒 言

段階的着圧機能を有するスポーツウェアが開発され、競技スポーツのみならず多くのスポーツ現場に普及している。段階的着圧ウェアは、手首、足首の着圧が最も高く、心臓に近くなるほど着圧が低く設計されている。着圧による静脈還流の増加が筋疲労、遅発性筋肉痛の軽減および運動パフォーマンスを向上させると考えら

れている。しかしながら、その詳細については十分に検討されていない。早田ら⁵⁾は、段階的弾性ストッキング着用が下肢の静脈コンプライアンスを上昇させることを報告した。運動に関する知見は、低速度の走運動中のエネルギー消費量が有意に減少すること²⁾ やリカンベント自転車運動中の呼吸循環動態に影響を及ぼさないこと⁸⁾ などがみられる。我々は、段階的着圧機能を有するスポーツウェアの着用が20m シャトルランの反復回数を有意に増加させることを明らかにした¹³⁾。一方、20m シャトルラン終了時の心拍数に段階的着圧ウェアの有無によって有意な差が観察されなかった。このことから、同一反復回数であれば心拍数は、段階的着圧ウェアの着用が低値を示すものと考察した。

正弦波運動負荷試験^{3,4,9,10,14)}あるいは漸増漸減負荷運動試験^{11,12,15)}などの非定常負荷法を用いれば、運動負荷に対する生体の適応力を評価できる⁶⁾。多くの先行研究は、運動負荷に対する追従性の指標として、心拍数および酸素摂取量の振幅割合あるいは位相の遅れ時間を用いている。Fukuoka et al.⁴⁾は、非鍛錬者と比較して持久性運動習慣者の運動負荷に対する酸素摂取量の振幅が大きいこと、位相の遅れ時間が短いことを明らかにし、運動負荷に対する振幅割合と位相の遅れ時間が持久性能力を強く反映する指標である可能性を指摘した。鍋倉ら⁹⁾は、持久的なトレーニングの実施が心拍応答の振幅割合の増大と位相の遅れ時間の短縮を引き起こすことを明らかにした。我々は、漸増漸減負荷運動に対する心拍応答の追従性を午前と午後で比較した。午前中は、運動負荷に対する心拍応答の振幅割合が増大し、運動負荷の追従性に優れることを報告した¹¹⁾。

以上の先行研究の知見に基づき、段階的着圧機能を有するスポーツウェアの着用は、運動負荷に対する心拍、血圧および呼吸応答の追従

性の指標が高値を示すものと仮説立てした。本研究は、非定常負荷運動中の心拍数、血圧および酸素摂取量を指標とし、段階的着圧ウェアの着用の有無が運動時の生理応答に及ぼす影響を明らかにすることを目的とした。

1. 研究方法

1.1 対象者

被験者は、健康成人男性18名とした。被験者の特性は、年齢 21.0 ± 0.6 歳 (mean \pm SD)、身長 170.7 ± 3.7 cm、体重 62.0 ± 11.3 kg、最大酸素摂取量 47.4 ± 7.5 ml/kg/minであった。被験者にはヘルシンキ宣言の趣旨に沿い、研究の目的、方法、期待される効果、不利益がないこと、危険を排除した環境とすること、個人情報保護について説明を行い、書面にて研究参加の同意を得た。

1.2 実験方法

各条件の測定に先立ち自転車エルゴメーター(AEROBIKE75XLII; COMBI社)を用いた漸増負荷運動試験によって最大酸素摂取量の測定を行った。被験者は、仰臥位姿勢の安静を5分間保った後に32分間の自転車運動を行った。運動課題は、12分間の定常負荷運動および20分間の漸増漸減負荷運動とした。定常負荷運動は、最大酸素摂取量の20%、60%および40%負荷強度の順とし、各負荷4分間とした。漸増漸減負荷運動は、最大酸素摂取量の40%負荷強度から15秒毎に5%ずつ60%負荷強度まで漸増させ、60%からは同様に20%負荷強度まで漸減させた。1周期の運動時間は4分間とし、5周期実施させた。測定条件は、段階的着圧ウェア(ロングスリーブトップ(B10001005)、ロングタイツ(B10001001); スキンズ社、段階的圧迫圧ソックス(CGSOCKS33); アルケア株式会社)を着用する条件(CG条件)および段階的着圧ウェアを着用しない条件(コントロール(C)条件)の

2条件とした。両条件は、異なる日の同一時間帯（午後3時から6時）に実施した。両条件の実施順はランダムとし、測定間隔は1週間とした。被験者には、前日のアルコール摂取不可、実験開始3時間前からの絶食を指示した。実験室の室温および湿度は、 $23.3 \pm 1.1^\circ\text{C}$ および $60.9 \pm 6.1\%$ であった。

1. 3 測定項目

測定項目は、心拍数、血圧および酸素摂取量とした。心拍数は、胸部双極誘導法から得られた心電図波形の1分間のR波の数とした（メモリ心拍計LRR-03; アームエレクトロニクス株式会社）。定常負荷運動における各負荷の後半1分間の平均値をその負荷の心拍数として用いた。20%負荷と60%負荷における心拍数の差を定常負荷における振幅とした。さらに、漸増漸減負荷運動における心拍応答の5周期を加算平均し、曲線回帰式を推定した。推定式から心拍応答の最高値、最低値、漸増漸減負荷運動における振幅、振幅割合（定常負荷を基準とした漸増漸減負荷運動の心拍応答の相対値）および位相の遅れ時間を算出した。血圧測定は聴診法を用い、測定時間は30秒間とした。安静時は、4分後および5分後に測定を行い、平均値を安静時血圧とした。定常負荷運動は、各負荷の3分後および4分後に測定を行い、平均値を各負荷の血圧とした。漸増漸減負荷運動は、各周期の最高負荷および最低負荷局面に測定を開始し、5周期の平均値をそれぞれの局面における血圧とした。血圧測定を行った30秒間の平均心拍数と収縮期血圧との積をダブルプロダクトとし、心筋の酸素消費量の指標として用いた。酸素摂取量の測定には、ブレスバイブレス(AE300S; ミナト医科学株式会社)法を用いた。酸素摂取量の評価は、心拍数と同様に定常負荷運動における各負荷の酸素摂取量、振幅、漸増漸減負荷運動における最高値、最低値、

振幅、振幅割合および位相の遅れ時間を算出した。

1. 4 統計処理

測定値は、平均 \pm 標準偏差で示した。各パラメーターの両条件間の差を繰り返しのある二元配置分散分析 (ANOVA) を用いて検定した。両条件の平均値の比較は、対応のある t-test を用い検定した。いずれの場合も危険率5%未満 ($p < 0.05$) を有意な差とした。

2. 結果

表1にC条件およびCG条件における仰臥位安静時の各生理指標の比較を示した。心拍数、収縮期と拡張期血圧、ダブルプロダクト、心臓副交感神経系調節の指標である ln HF および酸素摂取量の両条件間に有意な差はみられなかった。

図1にC条件およびCG条件における定常負荷運動中の (a) 心拍数、(b) 血圧、(c) ダブルプロダクトおよび (d) 酸素摂取量の比較を示した。20%強度および40%強度の心拍数、収縮期と拡張期血圧、ダブルプロダクトおよび酸素摂取量に両条件間に有意な差はみられなかった。しかしながら、60%強度において、CG条件の心拍数は、有意な低値を示した ($p < 0.05$)。

漸増漸減負荷運動における (a) 心拍数、(b) 血圧、(c) ダブルプロダクトおよび (d) 酸素摂取量の最高値および最低値の比較を示した (図2)。心拍数の最高値は、C条件と比較してCG条件において、有意な低値を示した ($p < 0.05$)。しかしながら、最低値は、すべての測定項目において両条件間に有意な差はみられなかった。

図3に (a) 定常負荷運動における心拍応答の振幅、(b) 漸増漸減負荷運動における心拍応答の振幅および (c) 振幅割合を示した。定常負荷運動における心拍応答の振幅は、C条件と比較して、CG条件において有意な低値を示した ($p < 0.05$)。

表1 C条件およびCG条件における仰臥位安静時の各生理指標の比較

	心拍数(bpm)		In HF		収縮期血圧(mmHg)		拡張期血圧(mmHg)		酸素摂取量(ml/kg/min)		DP(mmHg·bpm·100)	
	C条件	CG条件	C条件	CG条件	C条件	CG条件	C条件	CG条件	C条件	CG条件	C条件	CG条件
a	52.5	55.8	6.35	4.32	113	98	69	60	4.38	4.26	59.3	54.7
b	63.8	65.7	7.46	7.55	129	125	56	68	4.07	4.41	82.3	82.1
c	64.5	60.4	7.3	7.25	117	108	58	55	2.89	3.84	75.5	65.2
d	72.8	85.2	6.8	6.11	115	111	48	45	3.35	3.4	83.7	94.5
e	63.7	66.7	7.44	7.24	119	110	65	63	3.92	4.17	75.8	73.4
f	81	89	6.75	5.87	99	114	61	46	3.34	3.78	80.1	101.5
g	51.6	54.2	7.86	7.93	101	116	52	62	4.02	4	52.2	62.8
h	58.1	62.6	7.75	7.43	102	127	66	66	3.37	2.68	59.3	79.5
i	77.3	62.5	6.86	8.08	113	107	47	50	5.04	4.83	87.3	66.8
j	63.2	66.4	5.55	5.75	126	133	45	54	3.33	4.96	79.7	88.3
k	49.3	53.2	7.6	7.9	125	112	80	58	4.2	4.38	61.6	59.6
l	61.1	64	6.33	6.12	108	117	64	61	4.13	3.67	66	74.9
m	74.9	71.2	5.84	7.15	99	112	47	63	3.8	3.83	74.1	79.7
n	58.6	66.2	4.67	5.36	113	122	64	70	3.13	3.23	66.3	80.8
o	54.7	57.9	5.39	5.85	104	116	60	64	3.6	3.78	56.9	67.1
p	62.6	65.2	6.71	7.08	113	107	56	58	4.17	3.7	70.8	69.7
q	52.2	52.4	7.97	7.57	122	120	68	62	3.84	3.76	63.6	62.9
r	56.5	56.4	7.57	4.1	104	112	68	66	4.03	3.77	58.8	63.2
mean	62.1	64.2	6.79	6.59	112.3	114.8	59.7	59.5	3.81	3.91	69.6	73.7
SD	±9.3	±9.9	±0.94	±1.21	±9.5	±8.3	±9.4	±7.1	±0.52	±0.54	±10.6	±12.6

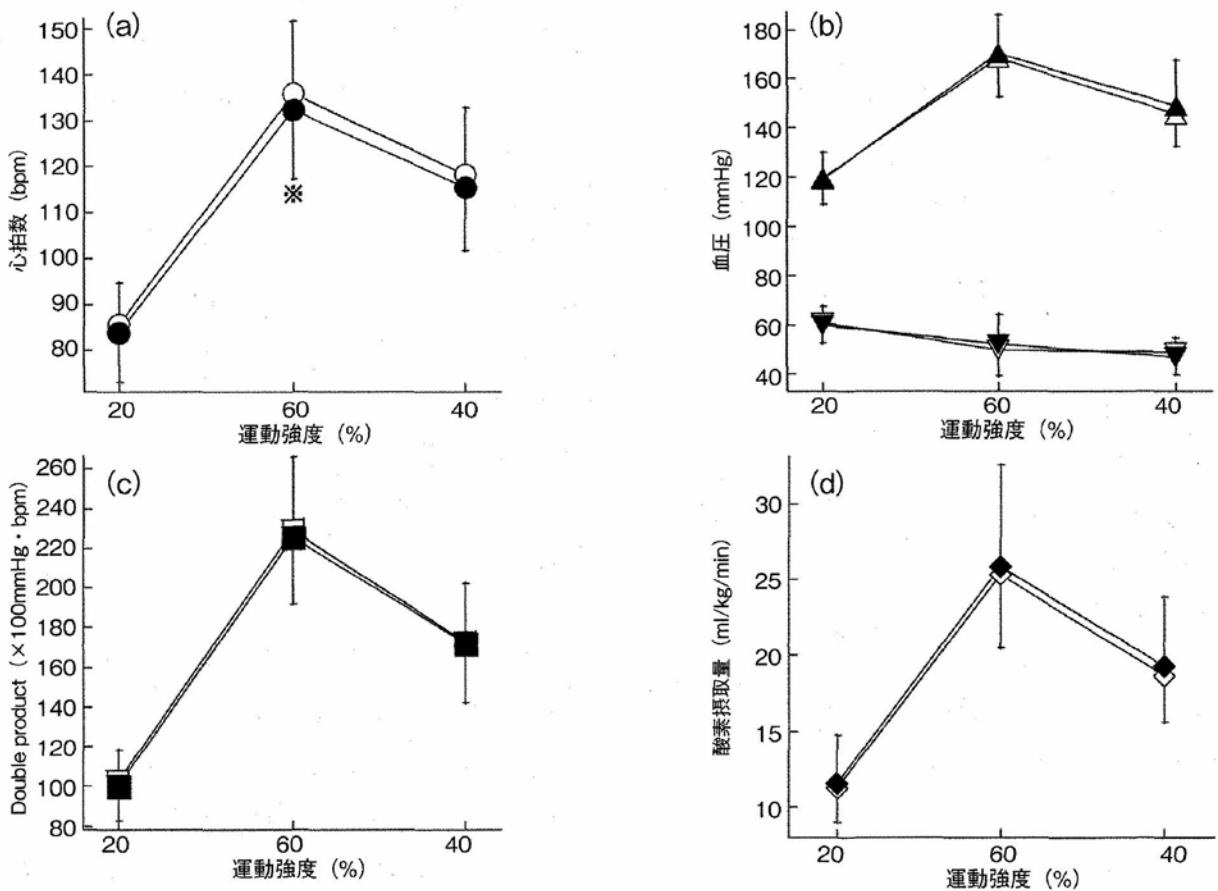


図1 C条件およびCG条件における定常負荷運動中の (a) 心拍数, (b) 血圧, (c) ダブルプロダクトおよび (d) 酸素摂取量の比較
○, △, ▽, □, ◇: C条件, ●, ▲, ▼, ■, ◆: CG条件 ※: p < 0.05, C条件 vs CG条件

漸増漸減負荷運動における心拍応答の振幅および振幅割合は、両条件間に有意な差は観察されなかった。図4に (a) 定常負荷運動における酸

素摂取量の振幅、(b) 漸増漸減負荷運動における酸素摂取量の振幅および (c) 振幅割合を示した。定常負荷運動、漸増漸減負荷運動における

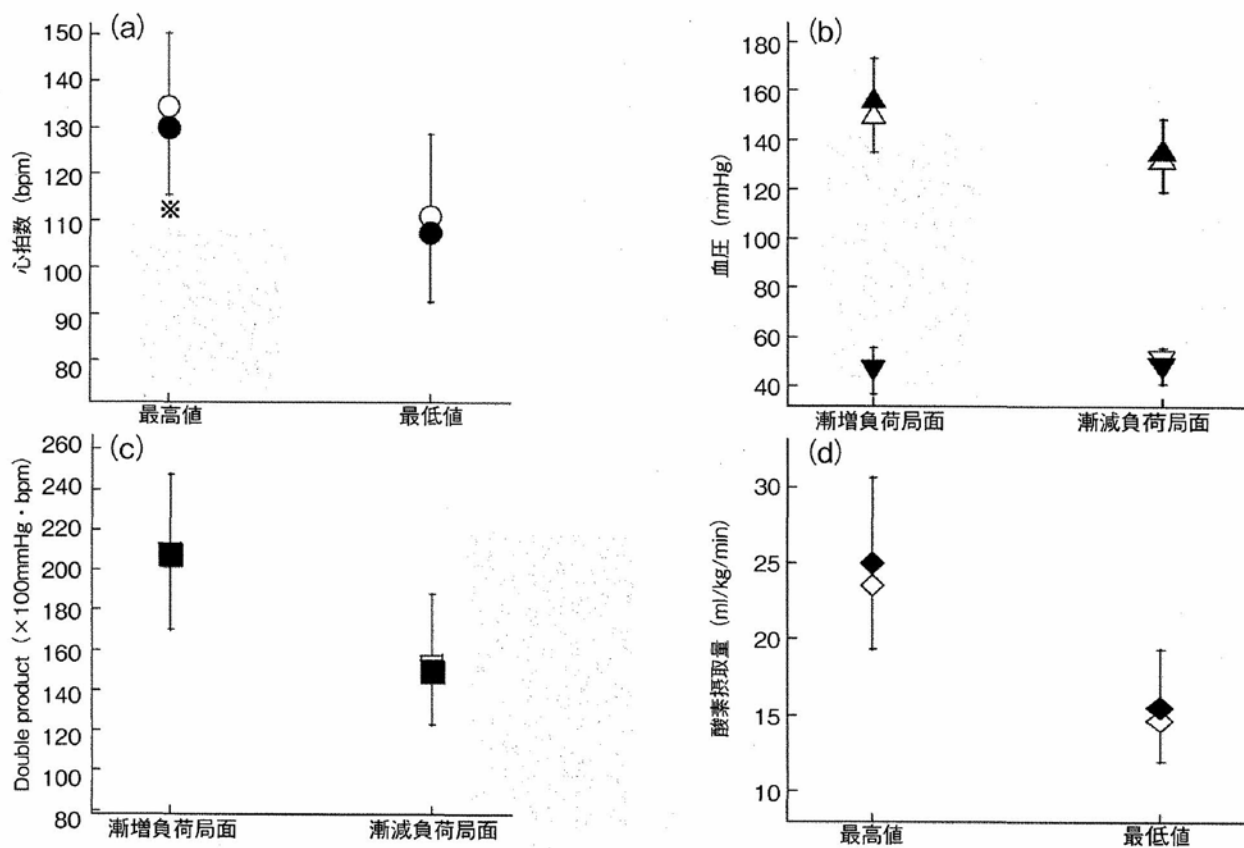


図2 C条件およびCG条件における漸増漸減負荷運動中の (a) 心拍数, (b) 血圧, (c) ダブルプロダクトおよび (d) 酸素摂取量の比較
○, △, ▽, □, ◇; C条件, ●, ▲, ▼, ■, ◆; CG条件 ※: p < 0.05, C条件 vs CG条件

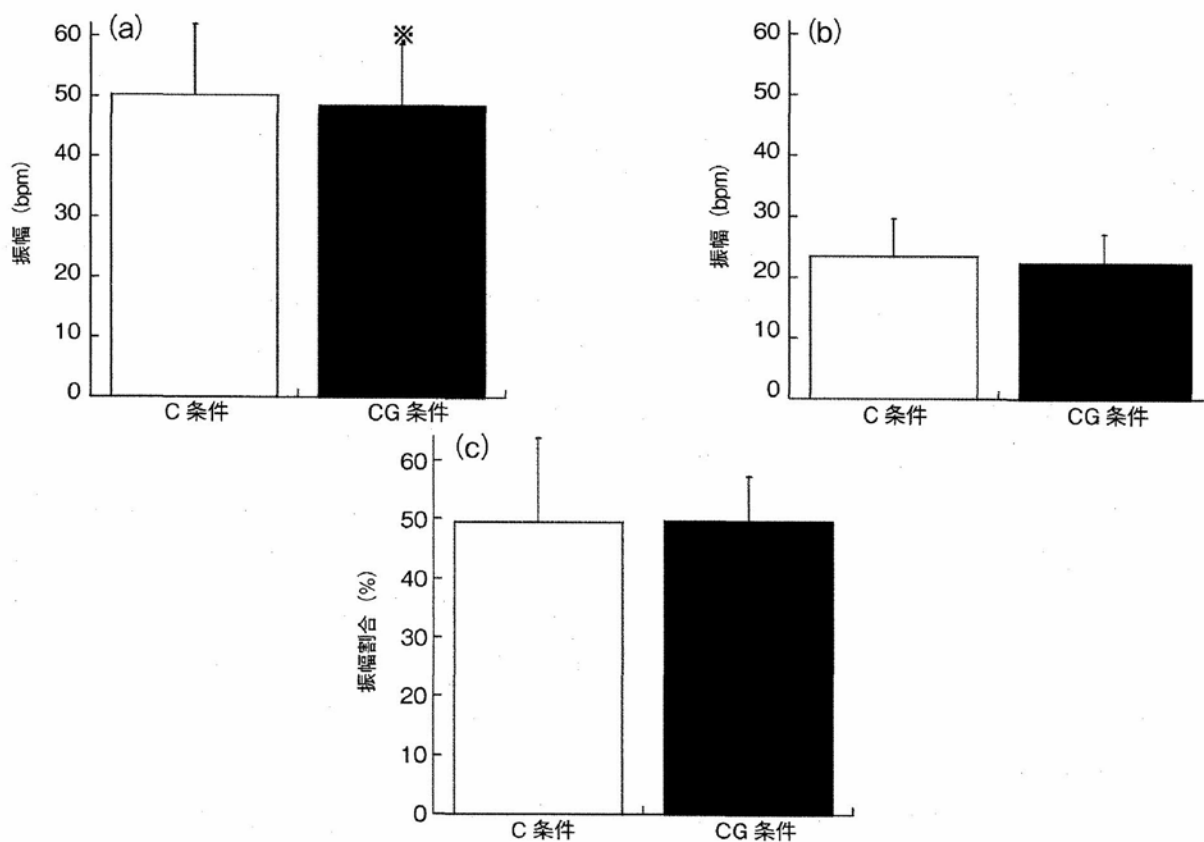


図3 C条件およびCG条件における (a) 定常負荷運動の心拍応答の振幅, (b) 漸増漸減負荷運動の心拍応答の振幅および (c) 振幅割合の比較
※: p < 0.05, C条件 vs CG条件

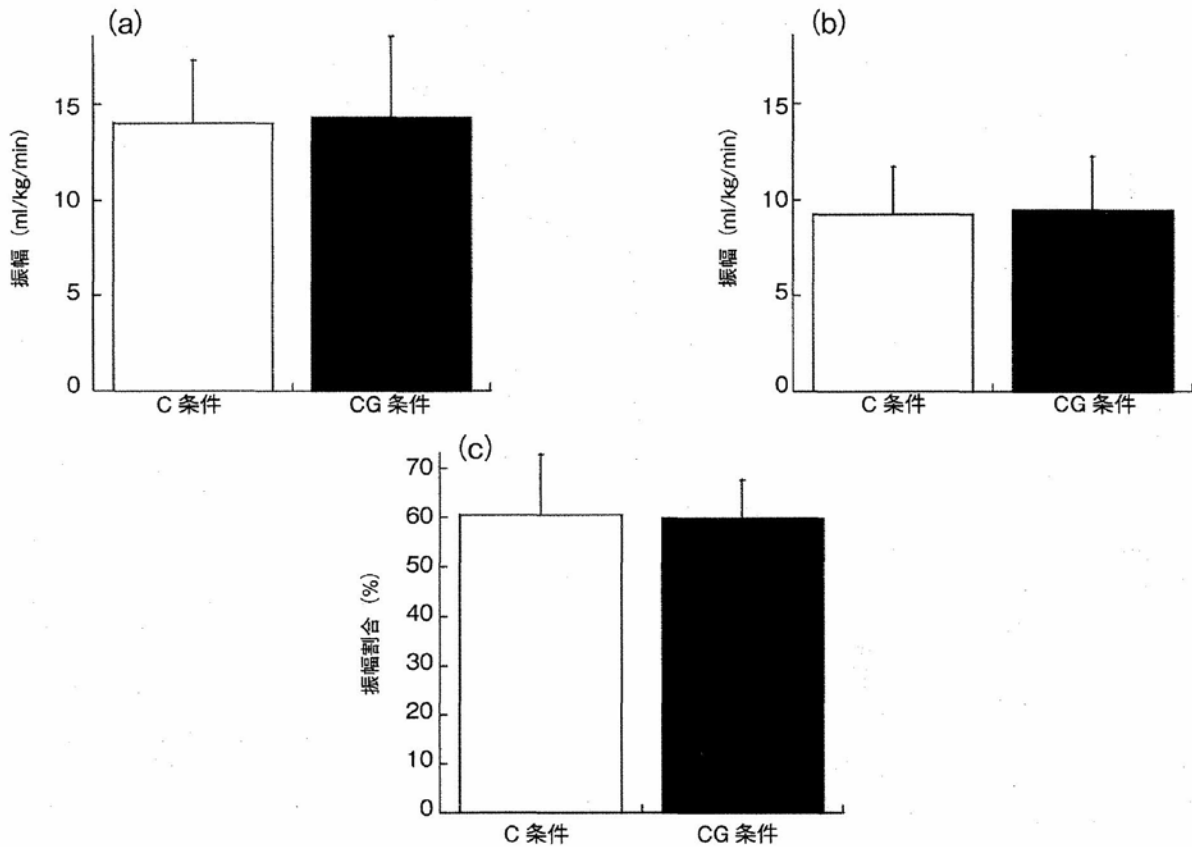


図4 C条件およびCG条件における (a) 定常負荷運動の酸素摂取量の振幅, (b) 漸増漸減負荷運動の酸素摂取量の振幅および (c) 振幅割合の比較

酸素摂取量の振幅および振幅割合は、両条件間に有意な差はみられなかった。

図5に (a) 漸増負荷局面における心拍応答の位相の遅れ時間, (b) 漸減負荷局面における心拍応答の位相の遅れ時間, (c) 漸増負荷局面における酸素摂取量の位相の遅れ時間および (d) 漸減負荷局面における酸素摂取量の位相の遅れ時間のC条件およびCG条件の比較を示した。漸増負荷局面における心拍応答の位相の遅れ時間は、C条件と比較して、CG条件において有意な低値を示した($p < 0.05$)。漸減負荷局面においては、両条件間に有意な差は観察されなかった。酸素摂取量の位相の遅れ時間は、両条件間に有意な差はみられなかった。

運動後回復期の (a) 心拍数, (b) 血圧, (c) ダブルプロダクトおよび (d) 酸素摂取量の推移を図6に示した。仰臥位回復における心拍数, 血圧, ダブルプロダクトおよび酸素摂取量に両

条件に有意な差はみられなかった。

3. 考 察

本研究の結果は、段階的着圧機能を有するスポーツウェアの着用が、中強度運動中の心拍数を低値で推移させ、位相の遅れ時間を短縮させることを示唆し、運動中の段階的着圧機能を有するスポーツウェアの有用性を示す知見である。

安静時における両条件間の心拍数, 収縮期と拡張期血圧, ダブルプロダクト, ln HF および酸素摂取量に有意な差はみられなかった。早田ら⁵⁾は、段階的弾性ストッキング着用が下肢の静脈コンプライアンスを上昇させ、静脈還流量を増大させることを報告した。しかしながら、本研究のC条件とCG条件の間に有意な差がみられなかったため、段階的着圧ウェア着用が安静時の生理指標に及ぼす影響は小さく、心拍数, 血圧等に

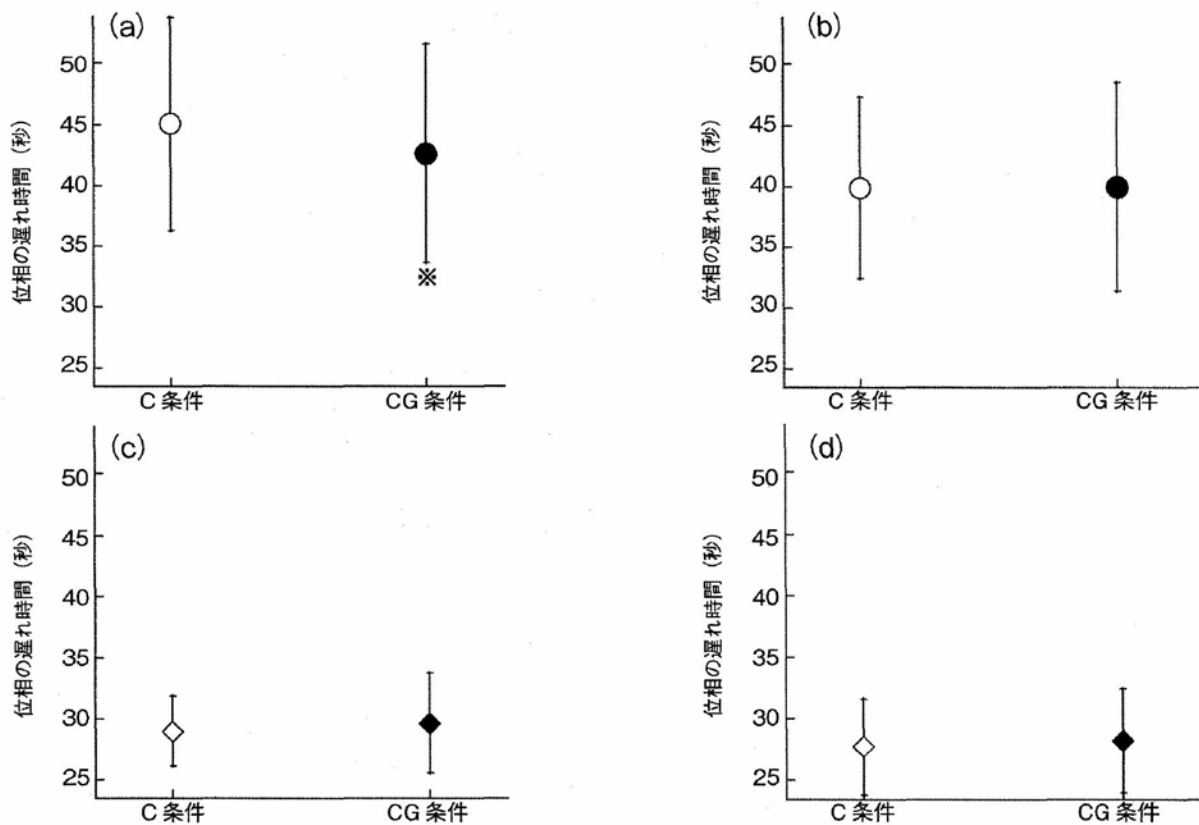


図5 C条件およびCG条件における (a) 漸増負荷局面の心拍応答の位相の遅れ時間, (b) 漸減負荷局面の心拍応答の位相の遅れ時間, (c) 漸増負荷局面の酸素摂取量の位相の遅れ時間および (d) 漸減負荷局面の酸素摂取量の位相の遅れ時間の比較
○,△,▽,□,◇;C条件, ●,▲,▼,■,◆;CG条件 ※:p<0.05,C条件 vs CG条件

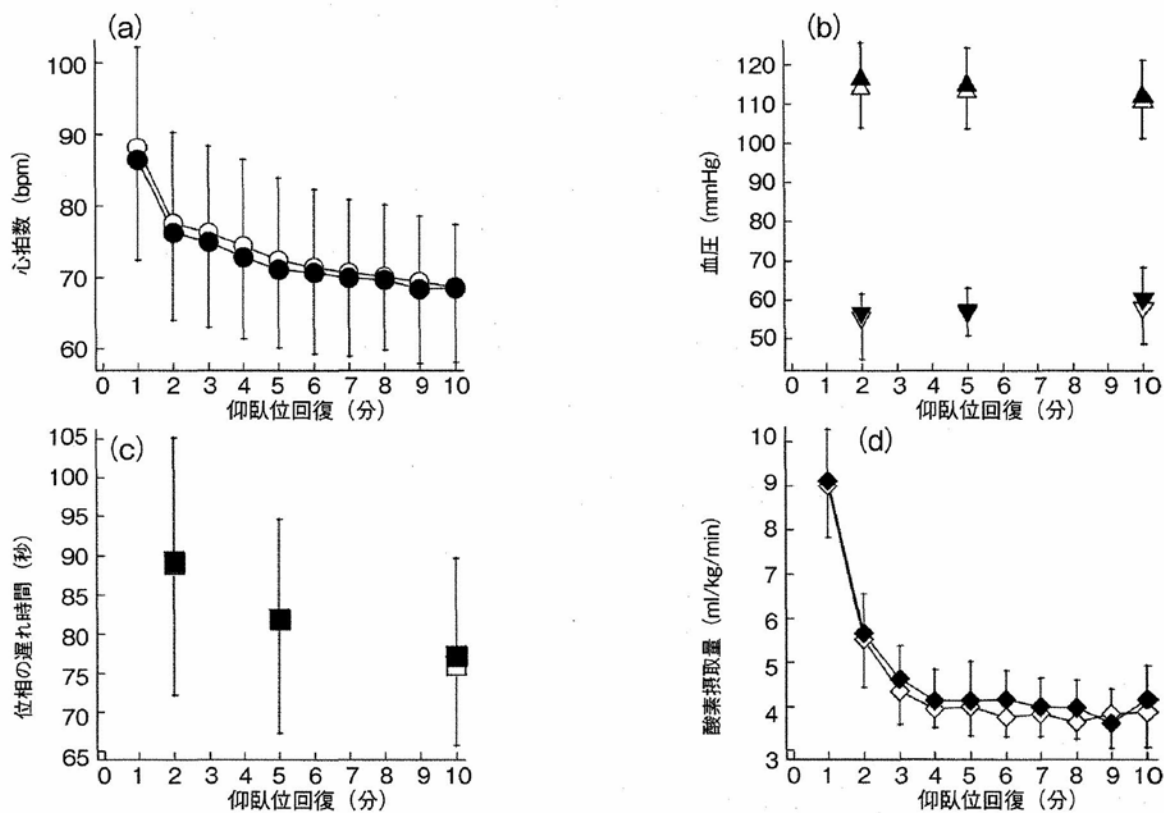


図6 運動後回復期の (a) 心拍数, (b) 血圧, (c) ダブルプロダクトおよび (d) 酸素摂取量の推移
○,△,▽,□,◇;C条件, ●,▲,▼,■,◆;CG条件 ※:p<0.05,C条件 vs CG条件

有意な差を生じさせない程度であったと考える。

定常負荷運動 20% および 40% 負荷における心拍数、収縮期血圧、ダブルプロダクトおよび酸素摂取量は、両条件間に有意な差はみられなかった。しかしながら、60% 負荷において心拍数は、CG 条件が有意な低値を示した。この応答は、筋のポンプ作用に段階的着圧による静脈還流の増大が加算され、引き起こされたものと考えられる。このことは、段階的着圧ウェアが最大酸素摂取量に有意な影響を及ぼさない⁷⁾、低速度の走行中のエネルギー消費量が減少する²⁾、リカンベント自転車運動中の酸素摂取量、心拍数、一回拍出量、心拍出量に有意な影響を及ぼさない⁸⁾ などの報告と異なる。本研究は、ロングスリーブトップ、ロングタイツ、段階的圧迫ソックスを着用したことから、段階的着圧による静脈還流の増大が顕著であったものと推測する。このことが、60% 負荷強度の心拍数を有意に減少させたものと考えられる。20% および 40% 負荷強度に有意な差がみられなかったため、本研究の知見は中等度運動における筋のポンプ作用と段階的着圧による静脈還流の増大の相乗効果によって引き起こされた可能性が考えられる。漸増漸減負荷運動における心拍数の最高値は、CG 条件において有意な低値を示した。しかしながら、最低値には有意な差はみられなかったため、本研究の知見が筋のポンプ作用と段階的着圧との相乗効果によって心拍数およびが減少した可能性が高いと考える。

定常負荷における心拍数の振幅は、CG 条件において有意な低値を示した。このことは、60% 負荷強度における CG 条件の心拍数の有意な減少によるものである。漸増漸減負荷における心拍数および酸素摂取量の振幅は両条件間に有意な差はみられなかった。また、振幅割合にも有意な差はみられなかった。我々は、水中環境における静脈還流の増大が心拍応答の振幅割合に有意な影響を及ぼさないことを明らかにした¹²⁾。同

様の応答が本研究においてもみられたと考える。

CG 条件における心拍応答の位相の遅れ時間は、有意に短縮した。このことは、段階的着圧ウェア着用による運動中に運動負荷に対する追従性が優れることを示す。漸増負荷局面と漸減負荷局面における心拍変動スペクトル解析から得られる HF 成分は、漸減負荷局面において有意に高値を示す¹⁰⁾。このことから、位相の遅れ時間の短縮は、運動強度に対応した自律神経系の活動水準が関与するものと考えられる。つまり、段階的着圧ウェア着用による静脈還流量の増大が漸増負荷局面における位相の遅れ時間を短縮させたものと推測する。

運動後回復期の両条件の心拍数、収縮期と拡張期血圧、ダブルプロダクトおよび酸素摂取量に有意な差はみられなかった。Berry et al.¹⁾ は、最大酸素摂取量の 110% 強度の走行 3 分間後の心拍数、酸素摂取量に着圧の効果は観察されないことを明らかにした。村瀬ら⁸⁾ は、段階的弾性タイツ着用が自転車運動後回復期の酸素摂取量、心拍数、一回拍出量および心拍出量に有意な影響を及ぼさないことを明らかにした。本研究の知見は、これらの先行研究を支持するものである。

以上のことから、段階的着圧ウェアは、60% 負荷強度の心拍数を有意に減少させることが明らかになった。このことは、筋のポンプ作用と段階的着圧による静脈還流の増大の相乗効果によって引き起こされる可能性を示唆する。段階的着圧ウェア着用による静脈還流の増大は、中等度の自転車運動において効果的であることが新しい知見であると考えられる。

4. まとめ

本研究は、段階的着圧ウェアの着用が非定常負荷運動における心拍数、血圧、酸素摂取量に及ぼす影響について検討した。その結果、以下の知見が示された。

(1) 段階的着圧ウェアの着用は, 60% 負荷強度の自転車運動中の心拍数を有意に減少させる。さらに, 運動負荷に対する位相の遅れ時間を有意に短縮させる。しかしながら, 運動強度が低い場合にはこれらの応答は観察されない。

(2) 段階的着圧ウェアの着用による静脈還流の増加が安静時および回復期の心拍数, 血圧, 酸素摂取量に及ぼす影響は小さい。以上のことから, 段階的着圧機能を有するスポーツウェアの着用は, 中等度の自転車運動を実施する者にとって, 相対的な運動強度の減少などの利点として作用するものと考察する。

謝 辞

本研究を遂行するにあたり, 多大な御協力を頂きました広島工業大学長崎浩爾先生, 本研究室の学生諸子に心より感謝申し上げます。また, 研究助成を賜りました公益財団法人石本記念デサントスポーツ科学振興財団に厚く御礼申し上げます。

文 献

- Berry M.J., Bailey S.P., Simpkins L.S., TeWinkle J.A., The effects of elastic tights on the post-exercise response. *Can. J. Sport Sci.*, 15(4) 244-248(1990)
- Bringard A., Perrey S., Belluye N., Aerobic energy cost and sensation responses during submaximal running exercise--positive effects of wearing compression tights. *Int. J. Sports Med.*, 27(5) 373-378(2006)
- Fukuoka Y., Nakagawa Y., Ogoh K., Shiojiri T., Fukuba Y., Dynamic of the heart rate response to sinusoidal work in humans: influence of physical activity and age. *Clinical Science*, 102, 31-38(2002)
- Fukuoka Y., Gwon O., Sone R., Ikegami H., Characterization of sports by the $\dot{V}O_2$ dynamics of athletes in response to sinusoidal work load. *Acta. Physiol. Scand.*, 153, 117-127(1995)
- 早田剛, 三浦隆, 岩寄徹治, 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)
- 池上晴夫. フィットネス評価法としての正弦波負荷法. *Health Sciences*, 5, 3-8(1989)
- Kemmler W., Stengel S., Köckritz C., Mayhew J., Wassermann A., Zapf J. Effect of compression stockings on running performance in men runners. *J. Strength Cond. Res.*, 23(1) 101-105(2009)
- 村瀬訓生, 大澤拓也, 藤岡正子, 佐藤綾佳, 安生幹子, 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, 岩寄徹治, 勝村俊仁. 段階的弾性タイツ着用による自転車運動は筋酸素動態や心拍出量にどのような影響を及ぼすか? *臨床スポーツ医学*, 26(9), 1169-1173(2009)
- 鍋倉賢治, 吉岡利貢, 中垣浩平, 辻村真一, 仙石泰雄. 正弦波負荷運動時の心拍数応答におけるトレーニング効果. *日本運動生理学雑誌*, 14(2) 29-39(2007)
- 鍋倉賢治, 吉岡利貢, 高嶋渉, 篠田知之, 池上晴夫. 正弦波運動負荷に対する心拍応答と運動習慣の関係. *筑波大学体育科学系紀要*, 29, 23-33(2006)
- 西村一樹, 高本健彦, 吉岡哲, 野瀬由佳, 小野寺昇, 高本登. 午前と午後で比較した漸増漸減負荷運動に対する心拍および血圧応答特性. *日本運動生理学雑誌*, 18(2), 65-75(2011)
- Nishimura K., Nose Y., Yoshioka A., Kawano H., Onodera S., Takamoto N., Heart rate responses during gradually increasing and decreasing exercise in water. *XIth Biomechanics and Medicine in Swimming*. 208-210(2008)
- 西村一樹, 吉岡哲, 小野寺昇, 高本登. スポーツウェア機能の違いが新体力テストに及ぼす影響. *体力科学*, 60(1), 166(2011)
- Sone Y., Yamazaki F., Fujii N., Fukuoka Y., Ikegami H., Respiratory variability in R-R interval during sinusoidal exercise. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 75, 39-46(1997)
- 山崎健, 蘇日塔拉図. 漸増漸減型自転車エルゴメーター負荷への瞬時心拍応答. *新潟大学教育人間科学部紀要*, 10, 83-91(2008)