

疲労困憊に至る運動後にコンプレッション ガーメントが発揮筋力の調節に及ぼす効果

平成 30 年 3 月 30 日受付

加 藤 えみか*

要 旨

緒論：近年、運動中にパフォーマンスの向上を促したり運動由来の筋損傷を和らげることを目的としてコンプレッションガーメント (Compression Garment: CG) の使用が増加している (Kraemer 2010)。多くの報告が CG の最大筋力への効果を示しているものの (Kraemer 2010)、多くのスポーツ活動においては最大下での発揮筋力を調節する方が最大筋力を発揮することよりもより頻繁に用いられる。しかしながら、CG が発揮筋力の調節に及ぼす影響について報告した先行研究はあまり見当たらない。**目的：**本研究では、疲労困憊に至る運動課題後に CG が発揮筋力の調節に及ぼす影響を明らかにすることを目的とした。**方法：**16 名の健康な成人が 2 週間以上隔てて CG を着用して運動課題を実施する施行 (CG 条件) と、CG を着用しないで運動課題を実施する施行 (CON 条件) の両方をランダムに実施した。運動課題は片脚で足関節最大背屈位から足関節最大底屈位までの範囲で実施する 20 回のカーフレイズであった。被験者は 2 分間の休憩を挟んで 3 セット実施した。カーフレイズの前後で、腓腹筋内側頭の筋形状、筋硬度、足関節の底屈トルクを最大努力で測定した (Maximal voluntary contraction: MVC)。また、姿勢制御の指標として前後方向および左右方向の圧力重心 (Center of pressure: COP) を両足での静止立位で閉眼にて測定した。さらに、発揮筋力の調節能力の指標として、被験者は足関節底屈トルクの 20% MVC を 20 秒間発揮し、なるべく一定のトルクを発揮するよう指示された。**結果：**反復測定の二元配置の分散の分散分析 (条件: CG or CON x 時間: pre or post) の結果、CG 条件、CON 条件ともカーフレイズ後に測定した全ての項目においてパフォーマンスは低下していた。カーフレイズ後の測定における条件間の比較で、MVC と COP は CG 条件と CON 条件の間に有意な差はみられなかったが、筋硬度と発揮筋力の調節においては CG 条件と CON 条件の間に有意な差がみられた (筋硬度: $p=0.047$, 発揮筋力の調節: $p=0.042$)。**結論：**本研究において、CG は疲労困憊に至る運動課題後に行う発揮筋力の調節において、有利な効果がみられる可能性が示された。

キーワード：コンプレッションガーメント、発揮筋力の調節、筋硬度、カーフレイズ、下腿三頭筋

* 京都産業大学現代社会学部

1. 緒言

アスリートにとって、パフォーマンスの向上に欠かせないものは練習である。しかし、練習などの運動後に適切な回復方法をとらなければ、翌日に疲労を持ち越してしまう。特に合宿などでは前日の練習で生じた疲労から回復しきれていなければ、その日の練習メニューがこなせないばかりか、傷害などの原因となることも考えられる。競技力の向上のみならず、アスリートの傷害予防の観点からも、速やかな疲労回復は重要である。

近年ではマッサージ、交代浴、サプリメントの摂取など様々な疲労回復のツールが用いられている。その中でもコンプレッションガーメントによる疲労回復はアスリートが身につけるだけであることから、摂取のタイミングなどを配慮したり、特別な用具を必要としない。そのため、自宅や遠征先で簡単に実施できるという利点があることからその使用は増加している。コンプレッションガーメントに関する報告については、運動後の疲労回復をみた報告もあるが、運動中のパフォーマンスを向上させる目的でその効果を検討され始めている。それらの報告の多くは、全力を発揮するような動作（最大努力での筋力発揮、スプリント走など）について検討したものである（13, 14, 15）。しかしながら、多くのスポーツ活動では運動中に最大筋力を発揮するよりも、最大下での発揮筋力を調節するような局面の方が多くみられる。これまでの研究ではコンプレッションガーメントが最大下での発揮筋力の調節についてどのような効果があるかについては十分に検証されているとは言い難い。

そこで、本研究の目的はコンプレッションガーメントが高強度運動後の筋力発揮、静的バランス能力、筋形状、筋硬度、発揮筋力の調節に及ぼす影響を明らかにすることであった。

2. 方法

(1) 被験者

16名の健常な成人（男性9名、女性7名）が被験者として実験に参加した（年齢：33.3 ± 5.4歳、身長：165.6 ± 5.8cm、体重：59.9 ± 7.8kg）。実験の参加に際して、被験者は実験内容に関する説明を受け、同意書に署名を行った。

(2) 実験セッティング

被験者は2回の実験に参加し、そのうちの1回は運動課題であるカーフレイズ中にコンプレッションガーメントを着用する施行（CG条件）であり、もう1回は特別なタイツをカーフレイズ中に着用しない施行（CON条件）であった。CG条件とCON条件の実施順は被験者ごとにランダムに決定した。運動課題は右脚のみで行うカーフレイズであり、その前後に腓腹筋内側頭の筋硬度、筋形状（筋厚、筋束長）、等尺性での足関節底屈トルク発揮（最大と最大下）、静的バランス能力を測定した。筋肉痛の繰り返し効果を避けるために、2つの施行条件間は2週間以上空けた。

(3) カーフレイズ

カーフレイズは高さ 20cm のステップの台上で、右脚のみで行われた。右側の足部の後部半分を台上から出して浮かせた状態でカーフレイズを行った。事前に各被験者について足関節の最大底屈角度と最大背屈角度を求めるとともに、背屈位で足部の甲が当たる部分と底屈位で踵が当たる部分にビニールコードを設置した。運動課題中には毎回のカーフレイズで甲と踵がビニールコードに触れるよう指示をした。Svantesson et al. (18) の方法に従い、カーフレイズのテンポは毎分 23 往復として、1 セットのカーフレイズの回数は 20 回とした。カーフレイズ中に被験者はバランスを崩さないように手指を壁に触れた状態であったが、手指に力を入れることのないように、また、あらかじめ決めた足関節角度に速く達して、そこで休みを取ることをないように適宜注意を受けた。2 分間の休憩を挟んで 3 セット行い、セット間の休憩では被験者は椅座位をとった。

(4) 筋硬度

腓腹筋内側頭の筋硬度を測定するために、被験者の右側の下腿長 30% 部位を長軸方向に超音波装置 (Aixplorer, SuperSonic Imagine, Provence, France) で、超音波エラストグラフィ法で撮像した。超音波装置に付属するモニタ上にはエラストグラフィ法で撮像した画像と、筋形状を可視化するための撮像方法である B モード法で取得された画像が上下に並んで表示されるように設定されていた。被験者は筋力計 (VTF-002, VINE, Japan) のシートに膝関節完全伸展で座位を取った。股関節角度は 90° から 30° 伸展した角度であり、肩関節と股関節と脚部のなす角度が 120° であった。これは、股関節角度 90° の椅座位ではハムストリングに突っ張ったような不快感を感じる被験者がいたためであった (10)。足関節は解剖学的正位でフットプレートに固定された。撮像された画像から筋硬度の値を求めるために、画像内の腓腹筋内側頭の筋腹中央に 10mm 四方の関心領域を設定し、さらにその中の直径 5mm の円から値を算出した (1)。

(5) 筋形状

筋硬度を撮像した際に同時に取得した B モード法で撮像された画像を元に、腓腹筋内側頭について浅部腱膜と深部腱膜の間の距離を筋厚とした。また、腓腹筋内側頭の浅部腱膜と深部腱膜に挟まれた領域を走行する筋束の長さを腓腹筋内側頭の筋束長とした。

(6) 等尺性足関節最大底屈トルク

被験者は筋硬度の測定で用いたものと同じ筋力計のシートに、筋硬度の測定と同様の姿勢をとった。被験者は十分な練習を行った後に、等尺性の足関節底屈トルクを最大努力で発揮した。等尺性でのトルク発揮に慣れていない被験者に対しては、本実験の 2-3 日前にトルク発揮の練習を行うセッションを設けて、最大筋力が十分に発揮できるようにした。2 分間の休憩を挟んで 2 回測定し、2 回の測定値に 5% 以上の隔たりがある際には 3 回目の測定を行い、最も値の高い施行を採用した。

カーブレイズ後の等尺性足関節最大底屈トルクは、運動課題からの回復の影響を排除するため、1回のみ測定した。また、測定に際してストラップで足部を筋力計のフットプレートに固定したが、しびれや痛みなどがないかを被験者に口頭で適宜確認し、最大筋力を発揮する妨げにならぬよう配慮し、被験者からの申し出があった際にはストラップを解除し休憩を設けた。

(7) 最大下での発揮筋力の調節能力

等尺性足関節最大底屈トルクの値を元に、その20%に相当する値を算出し、ターゲットトルクとした。被験者の1メートル前に設置したコンピュータのモニタにターゲットトルクを提示し、その値を維持できるようにするために被験者は十分な練習を行った。被験者への指示は発揮トルクをターゲットトルクになるべく近づけることと、発揮中のトルクをなるべく安定させることであった。最大下での底屈トルク発揮は20秒間とし、十分な休憩を挟んで2回実施した。20秒間の底屈トルク発揮のうち、トルクの平均値と標準偏差を中間の16秒間について算出し、変動係数を求めた。この変動係数を最大下での発揮筋力の調整能力とした(9)。

(8) 静的バランス能力

被験者は床反力計 (Type 9286B, Kistler, Winterthur, Switzerland) の上に両足閉眼で静止立位を取り、40秒間その姿勢をなるべく維持するよう指示され、両腕は体側であった。測定した40秒間のうち、中央の30秒間について、足圧中心 (center of pressure: COP) の前後方向および、左右方向の移動範囲を用いて静的バランス能力の測定とした(12)。なお、床反力計上におけるCOPの座標は(x, z)で表し、それぞれ以下のように求めた。なお、床反力計の4つのトランスデューサの位置座標をそれぞれ(0, 0), (0, Z), (X, 0), (X, Z)とする。

$$x = \frac{X}{2} \left[1 + \frac{(F_{x0} + F_{xz}) - (F_{00} + F_{0z})}{F_x} \right]$$

$$z = \frac{Z}{2} \left[1 + \frac{(F_{0z} + F_{xz}) - (F_{00} + F_{x0})}{F_z} \right]$$

(9) 統計

筋硬度、筋形状、最大筋力、最大下での発揮筋力の調整能力、静的バランス能力については、条件: CG または CON × 時間: カーブレイズ前または後として、繰り返しのある二元配置の分散分析を行った。交互作用のみられた項目についてはTukeyの事後検定を実施した。有意水準は5%未満として、結果や考察ならびに、図は平均値±標準偏差で記述した。測定の再現性を確かめるために級内相関係数をCG施行とCON施行の運動課題前の値から算出した。統計には全てSPSS version 19 (IBM SPSS Statistics) を用いた。

3. 結果

(1) 筋硬度

CG 条件, CON 条件ともにカーフレイズ後に筋硬度は有意に増加した (CON, Pre: 44.5 ± 15.3kPa, Post: 90.2 ± 21.3kPa, $p < 0.05$, CG, Pre: 48.4 ± 14.3kPa, Post: 65.4 ± 15.4kPa, $p < 0.05$)。カーフレイズ後の筋硬度では CG 条件の方が CON 条件よりも有意に低値を示した (図 1, $p = 0.047$)。

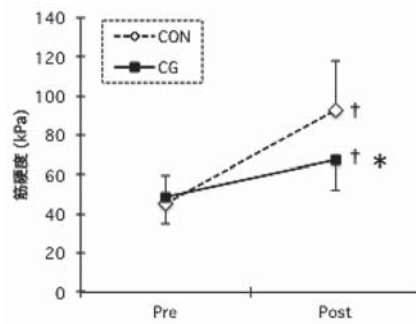


図 1 : カーフレイズ前後の筋硬度

* : $p < 0.05$ vs. CON, † : $p < 0.05$ vs. Pre

(2) 筋形状

CG 条件, CON 条件ともにカーフレイズ後に測定した足関節角度 0° での腓腹筋内側頭の筋厚は CON 条件のみ有意に増加しており (Pre: 22.1 ± 2.3mm, Post: 24.2 ± 2.9mm, $p < 0.05$, 図 2), CG 条件では有意な変化はみられなかった (Pre: 22.4 ± 2.9mm, Post: 23.6 ± 2.4mm, $p > 0.05$, 図 2)。また, 筋束長も CON 条件のみ有意に減少しており (Pre: 59.3 ± 7.2mm, Post: 55.6 ± 8.0mm, $p < 0.05$, 図 3), CG 条件では有意な変化はみられなかった (Pre: 59.5 ± 7.4mm, Post: 58.3 ± 6.9mm, $p > 0.05$, 図 3)。条件間での比較では, カーフレイズ後の筋束長は CON 条件の方が CG 条件よりも低値を示す傾向にあったが, 有意ではなかった ($P > 0.05$)。

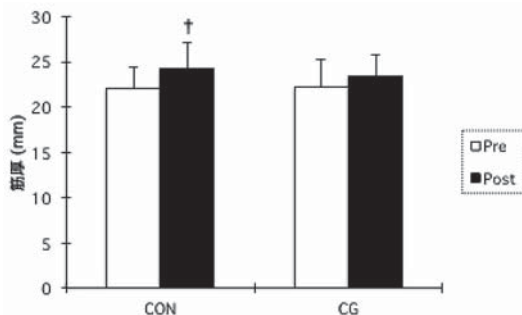


図 2 : カーフレイズ前後の筋厚

† : $p < 0.05$ vs. Pre

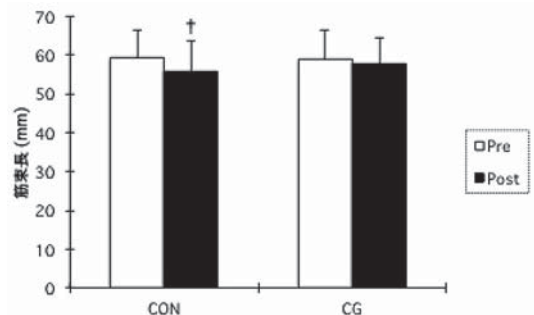


図 3 : カーフレイズ前後の筋束長

† : $p < 0.05$ vs. Pre

(3) 等尺性足関節最大底屈トルク

CG 条件, CON 条件ともにカーフレイズ後に等尺性足関節最大底屈トルクが有意に低下した (CON, Pre: $159.8 \pm 36.3\text{Nm}$, Post: $124.0 \pm 33.7\text{Nm}$, $p < 0.05$, CG, Pre: $160.2 \pm 36.2\text{Nm}$, Post: $128.7 \pm 33.1\text{Nm}$, $p < 0.05$, 図 4)。カーフレイズ後の条件間での比較においては, CON 条件と CG 条件の間には有意な差はなかった ($P > 0.05$)。

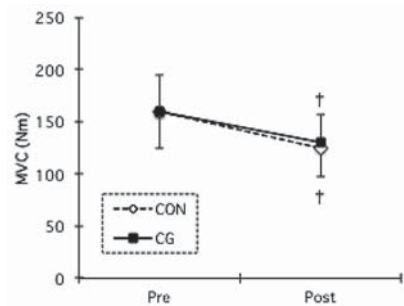


図 4：カーフレイズ前後の最大底屈トルク
† : $p < 0.05$ vs. Pre

(4) 最大下での発揮筋力の調整能力

CG 条件, CON 条件ともにカーフレイズ後に最大下での発揮筋力の調整能力が有意に低下した (CON, Pre: $1.1 \pm 0.4\%$, Post: $3.2 \pm 1.1\%$, $p < 0.05$, CG, Pre: $1.5 \pm 0.5\%$, Post: $2.2 \pm 1.0\%$, $p < 0.05$, 図 5)。しかしながら, カーフレイズ後の条件間での比較では, CON 条件と比較すると, CG 条件では最大下での発揮筋力の調整能力の低下が抑制された ($p = 0.042$, 図 5)。

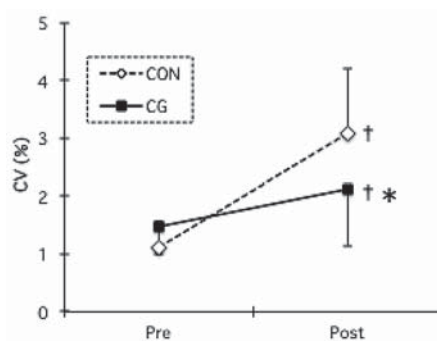


図 5：カーフレイズ前後の調整能力
* : $p < 0.05$ vs. CON, † : $p < 0.05$ vs. Pre

(5) 静的バランス能力

CG 条件, CON 条件ともにカーフレイズ後に足圧中心の移動範囲で前後方向では有意な増加がみられ (CON, Pre: $19.4 \pm 6.2\text{mm}$, Post: $30.8 \pm 10.3\text{mm}$, $p < 0.05$, CG, Pre: $20.3 \pm 5.7\text{mm}$, Post: $27.6 \pm 9.7\text{mm}$, $p < 0.05$, 図 6), 左右方向の移動範囲においても, カーフレイズ後で有意な増加がみられた

(CON, Pre: 8.0 ± 2.7 mm, Post: 14.8 ± 6.4 mm, $p > 0.05$, CG, Pre: 9.5 ± 3.1 mm, Post: 13.6 ± 5.4 mm, $p > 0.05$, 図 6)。

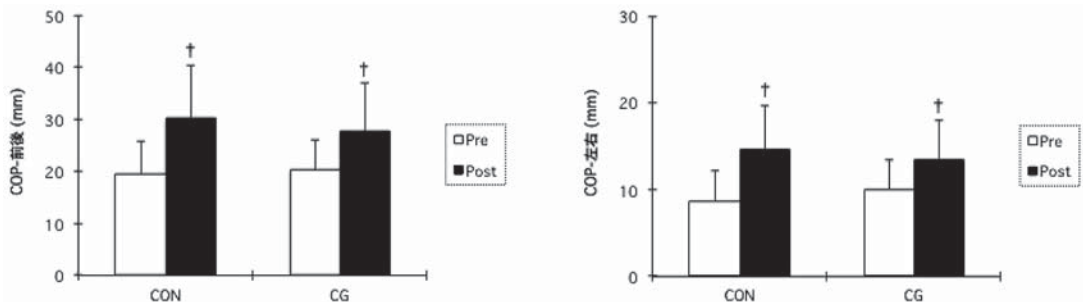


図 6：カーフレイズ前後の COP の移動範囲（左図：前後方向，右図：左右方向）

† : $p < 0.05$ vs. Pre

(6) 級内相関係数

各測定項目の級内相関係数は以下の通りであった。筋硬度：0.945，筋束長：0.962，筋厚：0.983，等尺性足関節最大底屈トルク：0.980，最大下での発揮筋力の調整能力：0.922，静的バランス能力（前後方向）：0.899，静的バランス能力（左右方向）：0.954 であり，カーフレイズ前に実施した測定において，各測定項目には十分な再現性があったと判断した。

4. 論議

CG 条件，CON 条件ともにカーフレイズ後には有意な筋硬度の増加（図 1），等尺性足関節最大底屈トルクの減少（図 4），最大下での発揮筋力の調整能力の低下（図 5），静的バランス能力の低下がみられた（図 6）。しかし，筋形状では CON 条件のみカーフレイズ後の筋厚が増加し（図 2），筋束長が短縮していた（図 3）。また，カーフレイズ後の CG 条件と CON 条件とを比較すると，筋硬度の増加と最大下での発揮筋力の調整能力の低下には条件間で有意な差がみられた（図 1 および図 5）。

パフォーマンスとして CG 条件と CON 条件に有意差がみられたものは，最大下での発揮筋力の調整能力であった（図 5）。多くのスポーツにみられる動作や，日常生活においては最大下での発揮筋力を制御する局面が多く含まれることから，本研究で用いた課題ではコンプレッションガーメントがパフォーマンスに対してポジティブな効果が見込めることが示された。この結果について 2 つの点から考察する。1 点目は，筋の力—長さ関係についてである。超音波 B モード法で取得した筋形状の結果では，CG 条件ではカーフレイズの前後で安静時の筋束長に有意な変化はみられなかったが，CON 条件ではカーフレイズ後に筋束長が有意に減少していた（図 3）。筋の力—長さ関係では，本研究で用いた最大筋力発揮の 20% に相当するトルクは力—長さ関係の上行脚で発揮される強度である。そのため，カーフレイズ後の CON 条件では相対的な筋力発揮の強度が高まっていた可能性があり，筋力発揮中の力の変動が大きくなったものと考えられる。

2点目は、筋の収縮様式と筋損傷についてである。本研究で用いたカーフレイズには短縮性筋活動と、伸張性筋活動の両方が含まれていた。伸張性筋活動を含む運動では、運動により引き起こされる筋損傷がみられることが知られている (5)。伸張性筋活動では、線維に張力がかかった状態で筋線維が引き伸ばされることから、サルコメアに力学的なダメージが生じる。この力学的なダメージが炎症反応を引き起こし、筋肉痛などの筋の二次的な損傷を発生させる (16)。また、伸張性筋活動のように筋損傷を伴うような運動を行うと Low-frequency fatigue がみられることがこれまでに明らかにされている (17)。これは、運動課題後に筋への電気刺激を高周波と低周波の2種類で行うと、低周波で行った電気刺激の方で発揮筋力がより減少するという現象である。このことは、速筋線維よりも遅筋線維において選択的により筋疲労が生じることを示すものである。本研究で用いたカーフレイズでは動作範囲に足関節の最大背屈が含まれていたため、伸張性筋活動を反復していた。そのため、Low-frequency fatigue を引き起こすような運動課題であったと推察される。カーフレイズの前後で行った最大下での発揮筋力の調整能力で用いた強度は最大筋力発揮の20%に相当するトルクであった。運動単位のサイズの原理から考えると、この発揮筋力の強度では速筋線維よりも遅筋線維がより動員されていることが予想できる。そのため、最大下での発揮筋力の調整能力の低下は Low-frequency fatigue が要因の一つであると考えられる。

また、コンプレッションガーメントを運動中に着用する利点として、筋収縮に伴う筋のポンプ作用が補助されて、静脈還流が増加し (4)、それに伴う代謝産物の除去が速やかに行われる (2) という代謝的な側面が報告されているが、それと同時に力学的な側面での利点も報告されている。コンプレッションガーメントの使用により、体肢の周りに可動的なギプス様のものが作成される。この可動的なギプスと、運動中の筋収縮による筋内圧の増加を併用することで、運動中の筋の振動を減少させて (7) 筋損傷の程度を抑えていると考えられている。筋損傷が起こりにくくなることにより、Low-frequency fatigue も減少することが知られている (3, 7, 8, 13)。

さらに、コンプレッションガーメントを用いた外部からの体肢圧迫により筋損傷と腫れが抑えられることが報告されている (6, 8, 14, 15)。これらの報告を合わせると、本研究でみられた最大下での発揮筋力の調節能力において、カーフレイズ後に CG 条件と CON 条件で差がみられた原因として、物理的に体肢を適切な圧力で圧迫することがパフォーマンスの差を導出した可能性が考えられる。

しかし、最大筋力においてはコンプレッションガーメントの使用に関わらず有意に減少した。先行研究では100回のプライオメトリックジャンプ (8) や、全身の疲労困憊に至るレジスタンス運動 (15) を行った実験において、運動課題の直後には最大筋力はコンプレッションガーメントを着用していても有意に減少していた。しかし、その後の回復においてはコンプレッションガーメントを着用した条件の方が、着用しなかった条件よりも最大筋力の回復が早かったことが報告されている (8, 15)。本研究ではカーフレイズの直後のみの最大筋力の測定であったが、運動終了後に継続して最大筋力の測定を行っていたら、CG 条件と CON 条件とでは最大筋力の回復に差が生じた可能性もある。

先行研究において、筋収縮により筋のスティフネスが高まること (19)、筋や関節のスティフネス

が筋硬度を反映することが示されている (1, 11)。したがって、本研究で認められたカーフレイズによる筋硬度の増加は、筋のスティフネスの増加によるものであると考えられる。CG 条件の方が CON 条件と比較して筋硬度の増加が抑えられたことの原因として、筋厚の関連を考えてみる。CON 条件ではカーフレイズ後に有意な筋厚の増加がみられ (図 2)、筋束長も有意に減少していたが (図 3)、CG 条件では有意な筋厚の増加 (図 2) や筋束長の減少はみられなかった (図 3)。これらの筋形状の差が CG 条件と CON 条件におけるカーフレイズ後の筋硬度の差に影響を及ぼした可能性がある。

また、両足閉眼で測定した静的バランス能力はカーフレイズ後にコンプレッションガーメントの着用の有無にかかわらず有意に低下した。前後方向の足圧中心の移動範囲はコンプレッションガーメントを着用している方が小さい傾向にはあったが (図 6)、有意な差には至らなかった。この原因として、カーフレイズは片脚で実施したにもかかわらず、静的バランスの測定は疲労していない左脚も含めた両脚での測定であったことがあげられる。

また、カーフレイズ前の CON 条件において最大下での発揮筋力の調整能力と、静的バランス能力の足圧中心の前後方向の移動範囲に有意な正の相関関係がみられたことから ($r=0.50$, $p<0.05$)、立位と椅座位という姿勢の違いはあっても、膝関節伸展位で最大下の発揮トルクをコントロールする能力には、各個人の持つ調整力が反映されているものと考えられる。しかしながら、カーフレイズ後の値や、カーフレイズ前後の変化分には有意な相関関係がみられた項目がなかったことから、各被験者が最大努力でカーフレイズを行っていても、その運動が各測定項目に及ぼす影響には個人の持つ運動歴の個人差や、カーフレイズ中の足関節角度の個人差が関係すると考えられる。

5. 結論

本研究の結果から、コンプレッションガーメントを着用することで、高強度運動中の筋形状や筋硬度といった筋内のコンディションを変化させるべくして、最大下で筋力を調整するような動作には有利に働く可能性が示された。

6. 参考文献

1. Akagi R., Takahashi H. Acute effect of static stretching on hardness of the gastrocnemius muscle. *Med Sci Sports Exerc.* 45: 1348-54, 2013
2. Berry MJ and McMurray, RG. Effects of graduated compression stocking on blood lactate following an exhaustive bout of exercise. *Am J Phys Med.* 66: 121-132, 1987
3. Bringard, A, Perrey, S, and Bulluye, N. Aerobic energy cost and sensation responses during submaximal running exercise-Positive effects of wearing compression tights. *Int J Sports Med* 27: 373-378, 2006
4. Chauveau M. Compression therapy. 23-28, Masson, 1999
5. Clarkson PM, Sayers SP. Aetiology of exercise-induced muscle damage. *J Appl Physiol*, 24: 234-48, 1999
6. Davies V, Thompson KG, Cooper SM. The Effects of Compression Garments on Recovery. *J Strength Cond Res.* 23: 1786-94 2009
7. Doan BK, Kwon, Y, Newton, RU, Shin, J, Popper, EM, Rogers, RA, Bolt, LR, Robertson, M, and Kraemer,

- WJ. Evaluation of a lower-body compression garment. *J Sports Sci* 21: 601-610, 2003
8. Jakeman, JR, Byrne, C, and Eston, RG. Lower limb compression garment improves recovery from exercise-induced muscle damage in young, active female. *Eur J Appl Physiol* 109: 1137-44, 2010
 9. Kato E., Vieillevoye S., Balestra C., Guissard N., Duchateau J. Acute effect of muscle stretching on the steadiness of sustained submaximal contractions of the plantar flexor muscles. *J Appl Physiol*, 110: 407-15, 2011
 10. Kato E., Kanehisa H., Fukunaga T., Kawakami Y. Changes in ankle joint stiffness due to stretching: The role of tendon elongation of the gastrocnemius muscle. *Eur J Sport Sci* 10: 111-119, 2010
 11. Kato E., Takahashi H. The effect of hamstring stretching on muscle hardness and isokinetic muscle performance. *J Sports Sci*, 2: 90-97, 2014
 12. Kouzaki M., Masani K., Akima H., Shirasawa H., Fukuoka H., Kanehisa H., Fukunaga T. Effects of 20-day bed rest with or without strength training on postural sway during quiet standing. *Acta Physiol*, 189: 279-292, 2007.
 13. Kraemer, WJ, Bush, JA, Newton, RU, Duncan, ND, Volek, JS, Denegar, CR, Canavan, P, Johnston, J, Putukian, M, and Sebastianelli, WJ. Influence of a compressive garment on repetitive power output production before and after different types of muscle fatigue. *Sports Med Train Rehab* 8: 163-184, 1998
 14. Kraemer WJ, Bush JA, Wickham RB, Denegar CR., Gomez AL, Gotshalk LA, Duncan ND, Volek JS, Putukian M, Sebastianelli WJ. Influence of Compression Therapy on Symptoms Following Soft Tissue Injury from Maximal Eccentric Exercise. *J Orthop Sports Phys Ther.* 31: 282-90, 2001
 15. Kraemer WJ, Flanagan SD, Comstock BA, Fragala, Maren S; Earp, Jacob E; Dunn-Lewis, Courtenay; Ho, Jen-Yu; Thomas, Gwendolyn A; Solomon-Hill, Glenn; Penwell, Zachary R; Powell, Matthew D; Wolf, Megan R; Volek, Jeff S; Denegar, Craig R; Maresh, Carl M. Effects of a Whole Body Compression Garment on Markers of Recovery After a Heavy Resistance Workout in Men and Women. *J Strength Con Res.* 24: 804-14, 2010
 16. Nosaka K, Aldayel A, JubEAU M, Chen TC. Muscle damage induced by electrical stimulation. *Eur J Appl Physiol.* 111, 2427-37, 2011
 17. Semmier JG. Motor unit activity after eccentric and muscle damage in humans. *Acta Physiol*, 210: 754-767, 2014.
 18. Svantesson U., Osterberg U., Thomee R., Grimby G. Muscle fatigue in a standing heel-rise test. *Scand J Rehab Med*, 30: 67-72, 1998
 19. Yoshitake Y., Takai Y., Kanehisa H., Shinohara M. Muscle shear modulus measured with ultrasound shear-wave elastography across a wide range of contraction intensity. *Muscle Nerve*, 50: 103-113, 2014

The effect of compression garments on control force output following strenuous exercise

Emika KATO

Abstract

Introduction: Recently, there has been an increase in the use of compression garments (CG), it uses during exercise to promote performance and to attenuate exercise-induced muscle damage (Kraemer 2010). Lots of reports exists about the effect of CG on maximal strength (Kraemer 2010), but many of sports activities, to control submaximal force output are more frequently than to exert maximal strength. However, little reports show about the effects of CG on control force output. **Purpose:** In this study, the purpose of this study was to elucidate the effects of CG on control force output after strenuous exercise. **Method:** Sixteen healthy volunteers completed tasks both with CG and without CG (control: CON) separated two days and these were apart at least two weeks. Both tasks contained to perform heel-rise exercise from maximal dorsiflexion to maximal plantar flexion 20 times with single leg. The subjects repeated 3 sets and took a rest for 2 min between sets. Before and after heel-rise exercise, the muscle architecture and the elasticity of the calf muscle and maximal voluntary contraction (MVC) of plantar flexion were measured. Also, as an index of postural control, we measured the areas center of pressure (COP) of both anterior-posterior axis and medial-lateral axis with closed eyes with both legs and to measure steadiness, 20% MVC of plantar flexion torque for 20 s as steady as possible. **Results:** Repeated two-way ANOVA (CG/CON x time) indicated all of the parameters declined immediately after heel-rise exercise both CG and CON. MVC and COP did not show different tendency between CG and CON, but muscle elasticity and steadiness declined less in CG than CON (muscle elasticity: $p=0.047$, steadiness: $p=0.042$). **Conclusion:** In this study, CG has been thought that positively benefit to control force output following strenuous exercise.

Keywords : Compression garment, steadiness, muscle elasticity, heel-rise exercise, the triceps surae muscles

