

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 21 日現在

機関番号：34315

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2015～2016

課題番号：15K12660

研究課題名(和文) 運動後のコンプレッションウェアの着用が筋機能の回復や筋損傷に及ぼす影響の解明

研究課題名(英文) Elucidation of impact of wearing compression garments after exercise on recovery of muscle function and muscle damage response

研究代表者

後藤 一成 (GOTO, KAZUSHIGE)

立命館大学・スポーツ健康科学部・准教授

研究者番号：60508258

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,800,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、運動終了後におけるコンプレッションウェア(CG)の着用が筋力、筋パワーや持久力などの運動パフォーマンスの回復、主観的疲労感や筋痛、筋損傷などの炎症反応に及ぼす影響を検討することを目的とした。また、運動後におけるCGの着用を他のトリートメント(筋の冷却)と組み合わせた効果についても検討した。その結果、持久性運動後におけるCGの着用は筋パワーの回復を促進させるが、この効果は運動に伴う筋損傷の大きい場合に限られること、高強度運動後におけるCGの着用と筋の冷却の併用は筋損傷の軽減に有効である可能性のあることが明らかになった。

研究成果の概要(英文)：The present study determined effects of compression garments (CG) during post-exercise period on recovery of exercise performance, scores of subjective fatigue and soreness, muscle damage and inflammatory responses. Moreover, influence of the CG combined with other treatment (cryotherapy) was examined. As a result, wearing CG after endurance exercise promoted recovery of power output, when the exercise-induced muscle damage was profound. The results also suggested that the combined treatment of "CG" and "cryotherapy" after strenuous exercise may attenuate muscle damage response.

研究分野：スポーツ科学

キーワード：スポーツ科学 トレーニング リカバリー 疲労 筋損傷・炎症 コンプレッションウェア クライオセラピー

1. 研究開始当初の背景

コンプレッションウェア (CG) とは、身体に適度な着圧が施されるように設計されたスポーツウェアの総称である。これまでの研究では、全身に対するレジスタンス運動後におけるコンプレッションウェアの着用は筋パワーの回復促進 (Goto and Morishima et al. 2014) や筋損傷の間接指標 (血清クレアチンキナーゼ濃度) の上昇の抑制に有効であることが認められている。一方で、持久性運動終了後における CG 着用の効果やその効果の機序は十分に明らかにされていない。さらに、運動後における CG 着用の効果における部位差や他のトリートメントとの併用効果などは明らかにされていない。

2. 研究の目的

本研究では、運動終了後における CG の着用が筋力、筋パワーや持久力などの運動パフォーマンスの回復、主観的疲労感や筋痛、筋損傷などの炎症反応に及ぼす影響を詳細に検討することを目的とした。また、運動後における CG の着用と他のトリートメント (筋の冷却) を組み合わせた効果についても検討した。

3. 研究の方法

(1) 研究 1

男性 10 名を対象に、下り勾配 (-10%) での 30 分間のランニング (最大酸素摂取量の 70% に相当する強度) を実施した (実験 1)。運動終了直後から 24 時間後まで着圧を施した CG (CG 条件) または通常ウェア (CON 条件) を着用し、筋機能 (垂直跳びにおける跳躍高、リバウンドジャンプ指数、ドロップジャンプ指数) や筋損傷・炎症反応 (血清ミオグロビン、クレアチンキナーゼ、高感度 CRP、血漿インターロイキン 6 濃度)、血清イリシン濃度の変化の動態を比較した。また、運動 24 時間後には最大下強度 (最大酸素摂取量の 70%、80%、90% 強度) でのランニング時の酸素摂取量 (ランニングエコノミー) を測定した。運動実施当日は規定の食事を提供し、運動終了後は安静状態を維持させた (加速度計により身体活動量を評価)。

実験 2 として、男性 8 名を対象に、勾配なしの水平面 (0%) での 30 分間のランニングを用いて同様の検討を行った。運動強度は実験 1 と同じく最大酸素摂取量の 70% に設定をした。運動終了直後から 24 時間後まで着圧を施した CG (CG 条件) または通常ウェア (CON 条件) を着用し、筋機能 (垂直跳びにおける跳躍高、リバウンドジャンプ指数、ドロップジャンプ指数) や筋損傷・炎症反応 (血清ミオグロビン、クレアチンキナーゼ、高感度 CRP、血漿インターロイキン 6 濃度)、血清イリシン濃度の変化の動態を比較した。運動実施当日は規定の食事を提供し、運動終了後は安静状態を維持させた (加速度計により身体活動量を評価)。

(2) 研究 2

男性 9 名を対象に、上肢筋群に対する高強度でのレジスタンス運動後に CG (CG 条件) または通常ウェア (CON 条件) を着用し、筋機能や筋損傷・炎症反応の変化の動態を運動 48 時間後まで比較した。レジスタンス運動には、チェストプレス、ラットプルダウン、ショルダープレス、ケーブルアームカール、トライセプスプレスダウンからなら 5 種目を用い、事前に測定をした最大挙上重量 (1RM) の 70% に相当する負荷で、1 セットあたり 10 回、各種目 3-5 セットの運動を実施した (セット間・種目間の休息は 2 分間)。運動前、運動直後、1 時間後、3 時間後、24 時間後、48 時間後に最大筋力の指標としてチェストプレスにおける 1RM、ベンチプレス (40% 1RM) での挙上時の発揮パワー (加速度計を用いて評価)、上肢筋群 (上腕二頭筋、上腕三頭筋) における筋厚 (超音波を用いて評価) および上腕の周囲長などを測定した。また、主観的疲労感および筋痛の程度を評価した (Visual Analogue Scale 法を用いて評価)。運動実施当日は規定の食事を提供し、運動終了後は安静状態を維持させた (加速度計により身体活動量を評価)。

(3) 研究 3

男性 10 名を対象に、下肢筋群に対する高強度でのレジスタンス運動実施後における CG 着用と下肢筋群の冷却 (クライオセラピー) の併用が筋機能の回復や筋損傷に及ぼす影響を検討した。運動として、片脚での最大努力による等速性最大膝伸展運動 (角速度 60 度/秒) を 60 回 (6 回 × 10 セット) 実施させた。なお、この運動様式では筋力測定機 (Biodex system4) のレバーアーム (角速度 60 度/秒) に抵抗するように最大努力で膝伸展動作を行うが、実際にはレバーアームに屈して膝屈曲動作を行うことになる。この際、大腿四頭筋には伸張性筋活動が生じる。

CG 条件では運動終了 5 分後から 15 分間、下肢筋群全体を冷水 (水温 15 度) に 15 分間浸水させた。その後、CG を運動終了 24 時間後まで着用させた。一方、CON 条件では運動後に特別なトリートメントは行わずに、安静状態を維持させた。また、運動実施当日における食事内容は条件間で同一とした。

運動前、終了直後、3 時間後、24 時間後に等尺性最大膝伸展力および等速性最大膝伸展力を測定した。また、採血を行い、血清ミオグロビン、クレアチンキナーゼ濃度を測定した。運動前、運動 3 時間後、24 時間後には大腿部における筋厚 (超音波を用いた評価) を測定した。さらに、運動終了 5 分後から 3 時間後までは、皮膚温および心拍数を連続して測定した。

4. 研究成果

(1) 研究 1

実験 1

30 分間のランニング時におけるエネルギー消費量には、条件間で有意差はみられなかった。いずれの条件においても運動後に垂直跳び跳躍高の有意な低下が認められたが ($P < 0.05$)、運動 24 時間後における値は CG 条件が CON 条件に比較して有意に高値を示した ($P < 0.05$)。血清ミオグロビン、クレアチンキナーゼ、高感度 CRP 濃度はいずれも運動に伴い上昇したが、これらの動態に条件間で差は認められなかった。また、運動 24 時間後におけるランニングエコノミーには、いずれの運動強度 (最大酸素摂取量の 70%、80%、90%) においても条件間での有意差は認められなかった。

一方で、運動後における CG 着用がランニングエコノミーに及ぼす影響には大きな個人差がみられた。そのため、被験者 10 名を、CG 着用により運動 24 時間後のランニングエコノミーの改善がみられた群 (改善群) と改善がみられなかった群 (非改善群) に分類した。その結果、改善群は非改善群に比較して、運動後における血清クレアチンキナーゼおよび高感度 CRP 濃度がいずれも有意に高値を示した (筋損傷・炎症反応の亢進を反映)。このことから、運動 24 時間後におけるランニングエコノミーの改善がみられた被験者では、筋損傷・炎症反応の程度は有意に大きいことが明らかになった。

実験 2

30 分間のランニングに伴う運動パフォーマンスの変化や筋損傷・炎症反応の程度は、下り勾配でのランニングを用いた実験 1 に比較していずれも軽度であった。また、CG 条件と CON 条件の間では、いずれの指標 (垂直跳び跳躍高、リバウンドジャンプ指数、ドロップジャンプ指数、血清クレアチンキナーゼ、ミオグロビン、高感度 CRP 濃度) に関しても運動 24 時間後までの動態に有意差は認められなかった。また、運動 24 時間後におけるランニングエコノミーに関しても、いずれの運動強度 (最大酸素摂取量の 70%、80%、90%) においても条件間で有意差が認められなかった。

以上の結果から、持久性運動後における CG の着用は筋パワー回復促進に有効であること、その効果は一様ではなく、運動誘発性の筋損傷の程度が大きい場合に CG 着用の効果を期待できることが示唆された。

(2) 研究 2

運動に伴いチェストプレスにおける 1RM は有意に低下したが、その変化の動態には運動後 48 時間までの間で条件間での有意差が認められなかった。ベンチプレス時の発揮パワー (40%1RM での挙上時における発揮パワー) や上肢筋群 (上腕二頭筋および三頭筋) における筋厚、主観的筋痛は、いずれも運動に伴い有意に変化をした。一方で、運動後 48 時間までの変化の推移には、いずれの指標に

おいても条件間で有意差は認められなかった。また、血清ミオグロビン、クレアチンキナーゼ濃度の変化にも条件間で有意差は認められなかった。

以上の結果から、上肢筋群に対するレジスタンス運動後における CG の着用による筋機能の回復促進や筋損傷の抑制効果は認められなかった。この理由の一つとしては、運動負荷に対する筋損傷程度の大きな個人差があげられた。したがって今後、被験者数をさらに増やした上で検討を続けることが必要であると考えられた。

(3) 研究 3

合計 60 回の最大努力での膝伸展運動時における仕事量には、条件間で有意差は認められなかった。CG 条件では、運動後における下肢筋群の 15 分間の冷却に伴い皮膚温が低下し、CON 条件との間に有意差が認められた ($P < 0.05$)。

運動後に等尺性最大膝伸展筋力および等速性最大膝伸展筋力はいずれも顕著に低下したが ($P < 0.05$)、運動 24 時間後までの変化の動態に条件間で有意差は認められなかった。筋損傷の間接指標である血清クレアチンキナーゼ濃度は運動後 24 時間にかけて上昇を続けたが、条件間での有意差は認められなかった。一方、血清ミオグロビン濃度は運動 3 時間後に最高値を示し、CON 条件が CG 条件に比較して有意に高値を示した ($P < 0.05$)。

以上の結果から、高強度でのレジスタンス運動 (最大努力での伸張性筋活動) 後における下肢筋群の冷却と CG 着用の併用は、筋損傷の程度を軽減する効果のあることが示唆された。また、この要因の一つとしては運動後にみられる浮腫の軽減や運動後に緩やかに進行する 2 次損傷の軽減などが考えられた。

【研究結果の要約】

持久性運動後における CG の着用は、下肢筋群の筋パワーの回復を促進させる。一方、CG 着用による筋パワーの回復促進効果は、運動に伴う筋損傷の大きい場合に認められる。

運動に伴う筋損傷が大きい場合に、持久性運動後における CG の着用は持久性運動パフォーマンス (ランニングエコノミー) の回復促進をもたらす可能性がある。伸張性活動を強調した高強度運動後における CG 着用と下肢筋群の冷却 (クライオセラピー) の組み合わせは、運動に伴う筋損傷を抑制する。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 2 件)

Mizuno S, Arai M, Todoko F, Yamada E, Goto K. Wearing lower-body compression garment with medium pressure impaired exercise-induced performance decrement during prolonged running. PLoS One, 査読有, 12 (5), 2017, e0178620

Doi: 10.1371/journal.pone.0178620.

Mizuno S, Tsuchiya Y, Goto K. Wearing compression garment after endurance exercise promotes recovery of exercise performance. Int J Sports Med, 査読有, 37 (11), 2016, 870-877

Doi: 10.1055/s-0042-106301

〔学会発表〕(計7件)

水野沙洸、新居茉莉、戸床文彦、山田恵理、後藤一成。長時間の持久性運動中におけるコンプレッションウェアの着用の効果-着圧の相違に着目して。第71回日本体力医学会大会。2016年9月23日。いわて県民情報交流センター(岩手県盛岡市)

Mizuno S, Arai M, Todoko F, Yamada E, Goto K. Compression garment with moderate pressure attenuated decrement of muscular performance and inflammation during prolonged running. 63rd American College of Sports Medicine. 2016年6月4日。ボストン(アメリカ)

後藤一成。運動や食事に対する代謝・内分泌動態。エレクトロニクス実装技術研究会第4回公開研究会。2016年6月21日。回路会館(東京都杉並区)

Goto K. Efficacy of wearing compression garment during exercise and post-exercise period. Textile International Forum and Exhibition 2015. 2015年10月6日。台北(台湾)

水野沙洸、森井郁大、土屋吉史、後藤一成。持久性運動終了後におけるコンプレッションウェア着用の効果-筋損傷の程度の差異に着目して。第70回日本体力医学会医学大会。2015年9月20日。和歌山県民文化会館(和歌山県和歌山市)

Goto K. Exercise and endocrine responses in humans. 27th International Sport Science Congress. 2015年7月13日。光州(韓国)

Mizuno S, Tsuchiya Y, Goto K. Effect of compression garments on recovery of exercise performance following downhill running. 20th Annual Congress of the European College of Sport Science. 2015年6月25日。マルメ(スウェーデン)

後藤 一成 (GOTO Kazushige)
立命館大学・スポーツ健康科学部・准教授
研究者番号: 60508258