

令和 6 年 6 月 12 日現在

機関番号：34304

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2023

課題番号：18K10872

研究課題名(和文)短時間での疲労回復を促進するクーリングダウン方法の開発

研究課題名(英文)The development of recovery methods which promotes from fatigue in short duration

研究代表者

加藤 えみか (KATO, Emika)

京都産業大学・現代社会学部・准教授

研究者番号：90586439

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：短時間での疲労回復を促進するクーリングダウン方法の開発を目的として研究を行った。運動課題は、カーフレイズを右脚のみで行うものであった。

1. コンプレッションガーメントを着用する試行(CG), 2. ストレッチポールでエクササイズを実施する試行(SP), 3. 下腿のストレッチ試行(STR), 4. 座位安静をとる試行(CON), 5. 軽運動を行う試行(EX)の計5試行を実施した。筋力の安定性はCGとEXで高いパフォーマンスが得られた。筋形状ではCGとSTRで他の試行と比較して運動後の回復がみられたが、30mのスプリントでは条件間での差はみられなかった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

スポーツが特定の競技者だけではなく広く様々な年代に対して行われてきている現状について、日常生活の中で運動習慣は大事である。本研究では、運動によって生じた疲労からの回復をなるべく速やかに図るために様々な方法を比較・検討した。本研究で用いた疲労回復からの手法は専門的な施設や、特別な用具を用いるものではないので、一般的なスポーツ愛好家であっても取り組みやすいものである。

研究成果の概要(英文)：A study was conducted to develop a cooling-down method that promotes recovery from fatigue in a short time. The exercise task consisted of calf raises with the right leg only.

Five trials were performed: 1. compression garment wearing (CG), 2. exercises with a stretch pole (SP), 3. lower leg stretching (STR), 4. sitting rest (CON) and 5. light exercise (EX). Higher performance in muscle stability was obtained for CG and EX. Muscle shape showed post-exercise recovery in CG and STR compared to the other trials, but there were no differences between conditions in the 30 m sprint.

研究分野：バイオメカニクス トレーニング

キーワード：リカバリー 疲労 筋力の安定性 筋形状

1. 研究開始当初の背景

短時間に複数回の運動を行う必要がある場合に、運動に伴い生じた疲労を迅速に回復することは競技力向上のためにも重要であり、トレーニングでの慢性的な障害の予防にもつながる(8)。特に合宿のように通常の練習よりも高強度での身体活動を実施した場合に、前日までの練習で生じた疲労から回復していなければ、その日の練習メニューがこなせないばかりか、傷害の原因ともなり得る。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。

また、近年ではスポーツの一般的な普及により、日常生活の中に運動習慣を構築するかは健康的で活力のある社会づくりや、高齢者の医療費削減、フレイルの予防等にも重要である。

運動がもたらす筋疲労と振戦(15)、運動誘発性筋損傷(exercise induced muscle damage: EIMD)により、その後の運動パフォーマンスの低下をもたらす、次のスポーツ活動においてモチベーションの低下にもつながることが予想される。

近年では様々な疲労回復のための方法がスポーツの現場で用いられているが、その中でもコンプレッション garments(CG)はアスリートが運動中または運動後に身に付けることで、EIMDの予防やEIMDからの早期の回復が見込める(6,12)。サプリメントの摂取のようにタイミングを気にすることや、アイスバスのような大掛かりな装置が不要であるため、自宅や遠征先で簡単に使用できるという利点がある。また、ストレッチや軽運動も一般的なスポーツ愛好家にも行いやすい手法である。

これらの疲労からの回復を目的とした手法では、何も行わない場合と比較して最大努力で跳躍を反復した際のパワーの維持や、運動後の筋損傷マーカの減少中にも貢献するという報告がある(3,5,6,11,12)。具体的な運動課題に対する効果としては、最大努力での鉛直方向への跳躍の反復でパワーの増加がみられたり、最大努力での5分間の最大自転車駆動の反復では有酸素性のパフォーマンスが改善している(4,11)。また、上腕二頭筋が主働筋のアームカールでは1回の力発揮においてより早い回復がみられている(12)。以上の働きによりこれらの手法が運動パフォーマンスの低下を予防した、または一過性の低下はみられたものの、回復が早まったという報告は多い(2,3,7,9,12,13,14,15)。

その一方で複数の項目を測定している報告の中には、効果がみられなかった項目を報告しているものもある。鉛直方向の跳躍では跳躍高が改善したものの、20mまたは60mのスプリント時間は改善しなかった(1,5)。

2. 研究の目的

高強度運動を実施した際に、CG、ストレッチポール、自ら行うストレッチ、軽運動が筋力発揮、筋硬度、筋形状、鉛直方向の跳躍高、30mのスプリントについて明らかにすることである。

3. 研究の方法

20名の健常な成人が被験者として実験に参加した。被験者は定期的な運動習慣がある者であったが、本格的なトレーニングを実施しているものは含まなかった。被験者は実験前の24時間は通常の飲食を心がけ、強度の高い運動やトレーニングは控えるように指示された。全ての被験者は実験の手順に慣れており、等尺性でのトルク発揮については事前(実験実施の1週間から3日前)に安定したトルク発揮が行えるように練習を行なった。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。研究は京都産業大学の研究倫理委員会によ

り承認され（京産大倫理第 0120 号），ヘルシンキ宣言に則ったものであった．

被験者は以下の5条件について実験に参加した．1つ目は運動後にCGを着用する試行で，2つ目は運動後にストレッチポールでエクササイズを行う試行であった．3つ目は自らが徒手で下腿のストレッチ（立位と座位）で行う試行で，4つ目は軽運動を行う試行であった．なお，比較のために座位安静をとる試行も設けた．筋肉痛の繰り返し効果を考慮して，各試行は1-2ヶ月あけて実施した．

運動課題は右脚のみで行うカーフレイズで，先行研究に基づいて実施した（10，17）．高さ20cmのステップの台上で右脚のみで実施し，20回を1セットとして2分間の休憩を挟んで3セット繰り返した．前足部のみをステップ台に乗せて，後足部は台上から出して何にも触れていない状態で，最大背屈位から最大底屈位までメトロノーム（MA-1，KORG，Japan）のテンポ（46 bpm）に合わせてカーフレイズを行うように指示した．カーフレイズは1回の音で最大背屈から最大底屈までの運動を行う相と最大底屈から最大背屈までを行う相に分かれており，音に遅れないことや，動作を早く完了させて最大背屈位または最大底屈位で次の動作の開始を待つことのないように指示を行なった．また，膝関節と股関節は完全伸展のままであった．被験者はカーフレイズの際に右手の人差し指の指尖のみを壁に触れることで姿勢を安定させたが，その際に手指に姿勢を安定させる以上の力がかからないように指示した．カーフレイズ中の足関節角度を求めるために，外踝をまたいでゴニオメータを貼付し，被験者の足関節角度が不十分な際には験者が注意を促した．

運動前と運動終了1，3時間後に右脚の下腿の周径囲，腓腹筋内側頭の筋硬度，筋形状（筋厚，筋束長，羽状角），等尺性足関節最大底屈トルク，最大下での発揮筋力の調整能力，足関節角度底屈30°から背屈20°まで他動的に背屈させた際の受動トルクを測定した．

4．研究成果

下腿の周径囲では，有意な交互作用がみられず（条件 × 時間， $p=0.206$ ， $F=1.598$ ），時間にも有意な主効果はみられなかったものの（ $p=0.507$ ， $F=0.789$ ），条件には有意な主効果がみられた（ $p=0.027$ ， $F=6.241$ ）．

筋硬度では有意な交互作用がみられた（条件 × 時間， $p<0.001$ ， $F=11.077$ ）．また，条件（ $p=0.001$ ， $F=17.183$ ）と時間（ $p<0.001$ ， $F=11.988$ ）に有意な主効果がみられた．

筋厚では条件と時間間に有意な交互作用がみられた（条件 × 時間， $p<0.001$ ， $F=17.568$ ）．また，条件（ $p<0.001$ ， $F=16.376$ ）と時間（ $p=0.001$ ， $F=8.689$ ）にもそれぞれに有意な主効果がみられた．筋束長では条件と時間間に有意な交互作用がみられた（条件 × 時間， $p<0.001$ ， $F=9.275$ ）．また，条件（ $p=0.002$ ， $F=14.438$ ）と時間（ $p<0.001$ ， $F=8.080$ ）にもそれぞれに有意な主効果がみられた．羽状角では条件と時間間に有意な交互作用がみられた（条件 × 時間， $p<0.001$ ， $F=15.401$ ）．また，条件（ $p<0.001$ ， $F=21.838$ ）と時間（ $p=0.004$ ， $F=5.236$ ）にもそれぞれに有意な主効果がみられた．

MVC では有意な交互作用がみられた（条件 × 時間， $p=0.001$ ， $F=6.769$ ）．また，条件（ $p=0.001$ ， $F=20.636$ ）と時間（ $p=0.002$ ， $F=5.968$ ）に有意な主効果が観察された．

最大下での発揮筋力の調節能力（steadiness）は MVC と同様に，有意な交互作用がみられた（条件 × 時間， $p<0.001$ ， $F=9.682$ ）．また，条件（ $p=0.001$ ， $F=20.434$ ）には有意な主効果がみられたものの，時間には有意な主効果はみられなかった（ $p=0.631$ ， $F=0.580$ ）．

受動トルクは0°では有意な交互作用はみられず（条件 × 時間， $p=0.260$ ， $F=1.392$ ），条件に有意な主効果がみられなかったものの（ $p=0.117$ ， $F=2.822$ ），時間に有意な主効果がみ

られた ($p = 0.012$, $F = 4.150$)。背屈 10° では有意な交互作用はみられず (条件 \times 時間, $p = 0.108$, $F = 2.165$) , 条件に有意な主効果がみられなかったものの ($p = 0.086$, $F = 3.454$) , 時間には有意な主効果がみられた ($p = 0.005$, $F = 5.097$) 。

鉛直方向の跳躍高では有意な交互作用がみられた (条件 \times 時間, $p = 0.005$, $F = 5.769$)。また, 条件 ($p = 0.001$, $F = 20.241$) と時間 ($p = 0.001$, $F = 19.968$) に有意な主効果が観察された。

30m のスプリントでは有意な交互作用はみられず (条件 \times 時間, $p = 0.444$, $F = 0.911$) 条件には有意な主効果はみられなかったものの ($p = 0.105$, $F = 3.037$) , 時間には有意な主効果がみられた ($p = 0.015$, $F = 3.949$) 。

以上より, MVC や最大努力での跳躍動作, Steadiness には CG と軽運動が他の施行と比較して運動後の回復が早かった。筋形状では CG とストレッチが他の施行と比較して運動後の回復が早かった (運動前の値に戻った) が, 30m のスプリントでは条件間の差はみられなかった。

引用論文

1. Bernhardt T, Anderson GS. Influence of moderate prophylactic compression on sport performance. *J Strength Cond Res*. 19: 292–297, 2015.
2. Born DP, Holmberg HC, Goernert F, Sperlich B. A novel compression garment with adhesive silicone stripes improves repeated sprint performance - a multi-experimental approach on the underlying mechanisms. *BMC Sports Sci Med Rehabil*, doi: 10.1186/2052-1847-6-21. eCollection 2014.
3. Bringard, A, Perrey, S, and Bulluyé, 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. Chatard JC, Atlaoui D, Farjanel J, Louisy F, Guezennec CY. Elastic stockings, performance and leg pain recovery in 63-year-old sportsmen. *Eur J Appl Physiol*.93: 347–352, 2004.
5. Doan BK, Kwon Y, Newton RU, Shin J, Popper EM, Rogers RA, Bolt LR, Robertson M, Kraemer WJ. Evaluation of a lower-body compression garment. *J Sports Sci* 21: 601-610, 2003.
6. Gill ND, Beaven CM, Cook C. Effectiveness of post-match recovery strategies in rugby players. *Br J Sports Med*, 40: 260-263, 2006.
7. Hamlin MJ, Mitchell CJ, Ward FD, Draper N, Shearman JP, Kimber NE. Effect of compression garments on short-term recovery of repeated sprint and 3-km running performance in rugby union players. *J Strength Cond Res*, 26: 2975-2982, 2012.
8. Halson SL, Bridge MW, Meeusen R, et al. Time course of performance changes and fatigue markers during intensified training in elite cyclists. *J Appl Physiol*, 93: 947–956, 2002.
9. Jakeman JR, Byrne C, Eston RG. Lower limb compression garment improves recovery from exercise-induced muscle damage in young, active female. *Eur J Appl Physiol*, 109: 1137-1144, 2010.
10. Kato E, Nakamura M, Takahashi H. The effect of compression garments on controlled force output following heel-rise exercise. *J Strength Cond Res*, 32: 1174-1179, 2018.
11. Kraemer WJ, Bush JA, Bauer JA, et al. Influence of compression garments on vertical jump performance in NCAA division I volleyball players. *J Strength Cond Res*, 10: 180-183, 1996.
12. 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: 282-290, 2001.

13. Kraemer WJ, Flanagan SD, Comstock BA, Fragala MS, Earp JE, Dunn-Lewis C, Ho JY, Thomas GA, Solomon-Hill G, Penwell ZR, Powell MD, Wolf MR, Volek JS, Denegar CR, Maresh CM. 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: 804-814, 2010.
14. Kim J and Lee J. Effect of compression garments on delayed-onset muscle soreness and blood inflammatory markers after eccentric exercise: a randomized controlled trial. *Exerc Rehabil*, 13: 541-545, 2017.
15. Morrison S, Kavanagh J, Obst SJ, Haseler LJ. The effects of unilateral muscle fatigue on bilateral physiological tremor. *Exp Brain Res*, 167: 609-621, 2005.
16. Scanlan AT, Dascombe BJ, Reaburn PR, Osborne M. The effects of wearing lower-body compression garments during endurance cycling. *Int J Sports Physiol Perform*, 3: 424-438, 2008.
17. Svantesson U, Osterberg U, Thomee R, and Grimby G. Muscle fatigue in a standing heel-rise test. *Scand J Rehab Med* 30: 67-72, 1998.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計6件（うち査読付論文 4件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 加藤えみか	4. 巻 32
2. 論文標題 筋の硬さ, 柔らかさ - 特集によせて	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 トレーニング科学	6. 最初と最後の頁 193-194
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 加藤えみか	4. 巻 48
2. 論文標題 コンプレッション garments は連続した日程で実施する高強度運動からの回復を促す	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 京都産業大学論集自然科学系列	6. 最初と最後の頁 133-149
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 加藤えみか	4. 巻 47
2. 論文標題 コンプレッションタイツが高強度運動後の発揮トルクの安定性に及ぼす影響	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 京都産業大学論集自然科学系列	6. 最初と最後の頁 23-34
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 加藤えみか	4. 巻 69
2. 論文標題 学会レポート: 第1回 慧ひろば 傍聴記	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 体育の科学	6. 最初と最後の頁 687-690
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Kato E., Nakamura M., Takahashi H.	4. 巻 32
2. 論文標題 Effect of Compression Garments on Controlled Force Output After Heel-Rise Exercise.	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 J Strength Cond Res.	6. 最初と最後の頁 1174-1179
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1519/JSC.0000000000001919.	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Chino K., Ohya T., Kato E., Suzuki Y.	4. 巻 39
2. 論文標題 Muscle Thickness and Passive Muscle Stiffness in Elite Athletes: Implications of the Effect of Long-Term Daily Training on Skeletal Muscle.	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Int J Sports Med.	6. 最初と最後の頁 218-224
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1055/s-0043-122737. Epub 2018 Jan 24.	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

[学会発表] 計4件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 2件)

1. 発表者名 KATO Emika, KAWASHIMA Noritaka
2. 発表標題 Architectural and mechanical properties of paralyzed muscles in patients post stroke.
3. 学会等名 24rd Annual Congress of European College of Sport Science (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 加藤えみか, 木伏紅緒, 紀平直人
2. 発表標題 大学短距離選手におけるパフォーマンスと体組成, 等速性膝関節トルクとの関連.
3. 学会等名 第32回日本トレーニング科学学会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kato E
2. 発表標題 Factors influencing difference in ankle joint flexibility between males and females.
3. 学会等名 European College of Sports Science (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 加藤えみか, 山口大輔
2. 発表標題 男子ハンマー投における高校から大学への規格変更と競技成績について
3. 学会等名 第36回日本トレーニング科学会
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 河野一郎(監修), 片寄正樹(監修), 広瀬統一(編集), 山本利春(編集)	4. 発行年 2024年
2. 出版社 文光堂	5. 総ページ数 268
3. 書名 スポーツ科学概論2	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------