

平成 22 年 5 月 10 日現在

研究種目：若手研究（B）  
研究期間：2007～2009  
課題番号：19700535  
研究課題名（和文） 高度先端医療技術を用いたクーリングの基礎的検討：ガイドラインの構築に向けて  
研究課題名（英文） Fundamental investigation of cooling with high advanced medical technology: For the construction of clinical guidelines  
研究代表者  
柳澤 修（YANAGISAWA Osamu）  
早稲田大学・スポーツ科学学術院・助教  
研究者番号：50371159

## 研究成果の概要（和文）：

クーリングは筋内の血流量を減少させ、水分子の動きの低下をもたらす。そして、その効果は用いる冷却温度に依存することが明らかになった。さらに、運動後のクーリングは、運動によって上昇した微小循環や水分子の動きを低下させる効果を発揮するが、運動誘発性の浮腫に対しては明確な減少効果を示さなかった。また、運動間のクーリングは、高まった微小循環や水分子の動きを運動前の値に回復させる効果を発揮するが、筋パワーや筋持久力などの筋機能に対しては有効な介入効果を示さなかった。

## 研究成果の概要（英文）：

Local cooling decreased the blood volume and the micro-movement of water molecules within skeletal muscle. These effects depended on the cooling temperature used. In addition, the cooling reduced the intramuscular microcirculation and water diffusion that were elevated after dynamic exercise, but it had no effect on exercise-induced muscle edema. Moreover, local cooling between exercise sessions had no beneficial effects for recovery of muscle function, as reflected by parameters such as muscle power and endurance.

## 交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	1,600,000	0	1,600,000
2008年度	800,000	240,000	1,040,000
2009年度	800,000	240,000	1,040,000
年度			
年度			
総計	3,200,000	480,000	3,680,000

研究分野：スポーツ医学

科研費の分科・細目：健康スポーツ科学・スポーツ科学

キーワード：クーリング、骨格筋、磁気共鳴映像法、近赤外線分光法、運動、筋代謝、筋機能

## 1. 研究開始当初の背景

クーリングは、競技者を始めとして一般のスポーツ愛好家も身近に使用するケア法である。しかしながら、その効果に関しては統一的な見解が得られていないものが多く、また推測領域における神話的なもの、つまり科学的なエビデンスに乏しいものもある。したがって、クーリングが安全でかつ効果的に使用されるためには、今一度原点に立ち返り、「クーリングがヒト骨格筋に及ぼす影響」を基礎的な段階から検証していく必要がある。

本研究はこのような背景を踏まえ、スポーツ現場における適切なクーリング使用の実現を目指して立案された。

## 2. 研究の目的

(1) クーリングが皮膚温および筋代謝に及ぼす影響を異なるクーリング温度で比較検討することを目的とした。

(2) 氷嚢によるクーリングと氷嚢よりも冷却温度の高い調温ゲルを用いたクーリングが、運動後の骨格筋代謝に及ぼす影響を比較検討することを目的とした。

(3) エクササイズ間のクーリングが筋内の水分動態(微小循環を含む)ならびに筋機能に及ぼす影響を検証することを目的とした。

## 3. 研究の方法

(1) 健常成人男性7名(平均24.9歳)の足関節背屈筋群を対象とした。クーリングは、低温恒温水槽(LTB-400、アズワン社製)に接続されたクーリング用パットを用いて30分間行った(冷却温度0、10、20)。1.5テスラのMR装置(Signa EXCITE XI、GE横河メディカルシステム社製)を用いて、クーリング前、直後、およびクーリング30分後で

下腿部のMR撮像(拡散強調画像、T2強調画像)を行った。拡散強調横断画像から水分子の拡散状態(apparent diffusion coefficient:ADC値)を、そしてT2強調横断画像から筋の水分レベル(T2値)を評価した。加えて、近赤外線分光装置(NIRO-200、浜松ホトニクス)を用い、筋のヘモグロビン酸素動態(ミオグロビンを含む:Hb/Mb)を測定した。さらに、皮膚温センサー(Intercross 310、インタークロス社製)を被験筋上に貼付し、クーリング前後の皮膚温を測定した。

(2) 健常成人男女7名(平均27.6歳)の足関節背屈筋群を対象とした。グループは運動後の処置により、無冷却群(運動後60分間無冷却)、氷嚢群(運動後20分間の冷却と40分間の無冷却)、10および17調温ゲル群(運動後60分間の冷却)とした。なお、被験者はすべてのグループに参加した。1.5テスラのMR装置(Magnetom Symphony、シーメンス社製)を用いて、運動前、足関節背屈運動後、および処置後で下腿部の拡散強調横断画像とT2強調横断画像を得た。前者からはADC1(主として灌流を評価)とADC2(水分子の拡散を評価)を、そして後者からはT2値を算出した。

(3) 健常成人男性6名(平均26.5歳)が等速性筋力測定装置(BIODEX SYSTEM3、BIODEX社製)を用いて、膝伸展運動(60deg/secで3回&180deg/secで50回)を計2セット実施した。セット間にクーリング(15の冷水に大腿部を20分間浸す)を行う条件と行わない条件(20分間無処置)を設定した。各エクササイズにおいて膝伸展最大トルク(60deg/secで評価)と筋持久力(180deg/secで評価:最初の10回と最後の10回

を比較した平均トルクの低下率)を評価した。さらに、1.5 テスラの MR 装置 (Signa EXCITE XI、GE 横河メディカルシステム社製)と Body array coil を用いて、エクササイズ前後で大腿部の拡散強調横断画像を得た。得られた画像から大腿四頭筋の ADC 値を算出し、筋内水分子の拡散動態 (微小循環を含む) を評価した。

#### 4 研究成果

(1) ADC 値、各 Hb/Mb (総、酸素化、脱酸素化) 濃度および皮膚温は、クーリングによって低下し、その低下率はクーリング温度に依存する傾向を示した。なお、低下した皮膚温や総・酸素化 Hb/Mb 濃度は、クーリング 30 分を経てもクーリング前の値に戻らなかった。一方で、T2 値はクーリング前後で有意な変化を示さなかった。

クーリングは皮膚温を低下させるだけでなく、筋の微小循環や水分子の拡散状態も低下させる。そして、その低下率はクーリング温度に依存することが示唆された。加えて、組織への冷却効果は、20 のクーリング温度でも冷却後 30 分間は維持されることが明らかとなった。

(2) 処置後の ADC ( $\times 10^{-3}\text{mm}^2/\text{s}$ )において、無冷却群は運動前の値(2.36)よりも有意に高いADC1(3.02)を示したが、氷嚢群(ADC1/2: 運動前 2.24/1.51、処置後 1.95/1.4)、10 (ADC1/2: 運動前 2.4/1.53、処置後 1.89/1.36) および 17 (ADC1/2: 運動前 2.49/1.5、処置後 1.84/1.34) 調温ゲル群は有意に低い両 ADC 値を示した。さらに、これら冷却群は両 ADC 値において無冷却群よりも有意に低値を示したが、冷却群間での有意差はなかった。一方、すべての群が運動後に有意な T2 値の上昇を示したが、処置後には有意差は認められなかった。なお、処置後の T2 値において条

件間での有意差はなかった。

冷却は運動後の骨格筋に対して、微小循環の減少と水分子の動きの低下をもたらすことが明らかとなった。さらに、氷嚢よりも高い温度を用いても、処置時間を延長することで、痛みを感じることなく有効な冷却効果が得られることが示唆された。

(3) 両条件において、1 セット目と 2 セット目のエクササイズは共に筋 ADC 値の有意な上昇を引き起こしたが、エクササイズ間に行うクーリングは 1 セット目のエクササイズで上昇した ADC 値を運動前の値に回復させる効果があった。なお、筋機能項目 (筋パワー、筋持久力) に関しては、両条件において 1 セット目と 2 セット目のパフォーマンスに有意な変化は認められなかった。

本研究の結果から、エクササイズ間のクーリングは、筋活動によって上昇した筋内の水拡散状態と微小循環を低下させる効果を発揮するものの、筋機能に関しては有効な介入効果を及ぼさないことが示唆された。

#### 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)

Yanagisawa O, Shimao D, Maruyama K, Nielsen M, Evaluation of exercised or cooled skeletal muscle on the basis of diffusion-weighted magnetic resonance imaging, *European Journal of Applied Physiology*, 105(5), 2009, pp.723-729. 査読あり .

Yanagisawa O, Homma T, Okuwaki T, Shimao D, Takahashi H, Effects of cooling on human skin and skeletal muscle, *European Journal of Applied Physiology*, 100(6),

2007, pp.737-745. 査読あり.

[学会発表](計4件)

柳澤修、久保田潤、福島丈晴、三浦隆、真田亜希子、岩寄徹治、福林徹、運動後の骨格筋に対するクーリング効果の検討：新調温ゲルによる冷却法と氷嚢冷却法の比較、第19回日本臨床スポーツ医学会学術大会、2008年11月、千葉。

Yanagisawa O, Fukushima T, Miura T, Iwasaki T, Takahashi H, Fukubayashi T, Effects of different cooling conditions on the exercised skeletal muscle, 13<sup>th</sup> Annual Congress of the European College of Sport Science, Estoril, July 2008, Portugal.

Yanagisawa O, Shima D, Maruyama K, Nielsen M, Irie T, Influence of the combination of b-value on the apparent diffusion coefficient value in human skeletal muscle, 6th Combined Meeting of the Orthopaedic Research Societies, Hawaii, October 2007, USA.

柳澤修、福島丈晴、岩寄徹治、三浦隆、高橋英幸、福林徹、異なる冷却条件が骨格筋に及ぼす影響、第62回日本体力医学会、2007年9月、秋田。

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

柳澤 修 (YANAGISAWA OSAMU)

早稲田大学・スポーツ科学学術院・助教

研究者番号：50371159