

氏名・（本籍） 山根 基（愛知県）

学位の種類 博士（体育学）

報告番号 乙 第57号

学位授与年月日 2017（平成29）年6月30日

学位授与の要件 学位規則（昭和28年4月1日文部省令第9号）

第4条第2項該当

論文題目 習慣的な運動後アイシングがトレーニングに伴う筋の適応過程に及ぼす影響

審査委員（主査） 松本 孝朗

梅村 義久

清水 卓也

## 論文審査および審査結果

### 1. 論文審査経過

- 2017年1月18日（水） 博士学位論文の受理、審査委員会の設置
- 2017年1月19日（木） 第1回学位審査委員会（審査日程、方針を決定）
- 2017年2月15日（水） 第2回学位審査委員会（論文の問題点の検討）
- 2017年3月1日（水） 第3回学位審査委員会（最終試験）
- 2017年5月8日（月） 第4回学位審査委員会〔稟議〕（修正の確認および審査報告書の審議）

### 2. 論文審査の結果

#### 2.1 提出論文の審査経過

本委員会は次の手順で提出論文の審査を行った。

2017年1月18日 論文受理および審査委員会の設置（研究科委員会）。

2017年1月19日 第1回学位審査委員会。第2回以降の審査日程を決定すると共に、提出論文についての審議をした結果、審査方針について次の合意が得られた。提出論文の内容に関しては学位に値するものと認められる。ただし、精細な査読を行い、その結果により修正を求める。

2017年2月15日 第2回学位審査委員会。査読結果を持ち寄り検討した。トレーニング後の筋冷却という身近でありながら、独創性の高いテーマに取り組み、明確な結論を得ている点、十分に評価できる。一方、アイシングの定義の整理が必要、統計処理結果を1件ずつ明確に記載すべき、冷却が筋代謝に及ぼす影響に関する考察が系統的に整理されていない、などの問題点が指摘された。上記の問題点について、こ

れを論文提出者にその旨、具体的に通知し、指摘箇所の修正の検討を求めることとした。

2017年3月1日 第3回学位審査委員会。口頭にて最終試験を行った。

2017年5月8日 第4回学位審査委員会（稟議）において、修正点の確認および学位審査報告書の確認を行った。

## 2.2 提出論文の概要と評価

提出された論文の構成は次のとおりである。

### 第1章 序

### 第2章 習慣的な運動後の活動筋冷却が持久的トレーニングに伴う持久力向上に及ぼす影響

### 第3章 習慣的な運動後の活動筋冷却が筋力トレーニングに伴う筋力増加および筋持久力向上に及ぼす影響

### 第4章 習慣的な運動後の活動筋冷却が筋力トレーニングに伴う筋および血管の適応に及ぼす影響

### 第5章 総括

近年、急性外傷に対する処置にとどまらず、運動・トレーニング後に、明らかな傷害がない場合にも、疲労回復やパフォーマンスの維持を目的に、アイシングが広く行われ始めている。本論文は、習慣的に行われる運動後のアイシングがトレーニングの効果（筋肥大、筋力増強、持久力向上等）に影響を及ぼすか否かについて検討し、毎回トレーニング後に活動筋を冷却するとトレーニング効果を減弱させる可能性を示した。

第1章では、RICE 処置（rest, icing, compression & elevation）に代表される急性外傷（打撲、捻挫、肉離れ等）に対する処置としての患部の冷却を「アイシング」と定義し、その方法と効果について詳説する。一方、近年、広がり始めている明らかな傷害がない場合の冷却を「運動後アイシング」と定義して、遅発性筋肉痛の抑制効果が報告されているが、そのメカニズムについては未解明であると紹介している。

第2章では、運動習慣のない健常な大学生を対象に、1回30分週4回4週間の自転車運動（最大酸素摂取量の70%強度）を行わせ、運動後毎回一側下肢を5℃の冷水に浸水し、40分間（20分+20分、途中30分の休憩あり）冷却した。トレーニング期間の前後に両脚および片脚運動負荷テストを実施し、持久力の向上に対する冷却の影響を検討した。その結果、片脚での最大酸素摂取量の増加率が対照側に比べて冷却側で有意に低く、習慣的な運動後の活動筋冷却が持久的トレーニングに伴う持久力向上を減弱させる可能性を示した。

第3章では、運動習慣のない健常な大学生を対象に、掌握運動（70～80% 1RM強度、左右8回×3セット）による筋力トレーニングを週3回4週間行わせ、運動後毎回一側上肢を10℃の冷水に浸水し20分間冷却した。トレーニング期間の前後に前腕最大周囲長、握力、筋持久力を測定し、筋力増強、筋持久力の向上に対する冷却の影響を検討した。その結果、前腕最大周囲長、握力には冷却による影響はみられなかったが、筋持久力の上昇率は冷却側で有意に低く、習慣的な運動後の活動筋冷却が筋力トレーニングに伴う筋持久力向上を減弱させる可能性を示した。

第4章では、運動習慣のない健常な大学生を対象に、非利き腕でリストカール運動（70～80% 1RM強度、8回×5セット）による筋力トレーニングを週3回6週間行わせ、冷却群の被験者は運動後毎回上肢を10℃の冷水に浸水し20分間冷却した（対照群は冷却なし）。トレーニング期間の前後に最大筋力、筋持久力、前腕最大周囲長、前腕屈筋群筋厚、上腕動脈血管径を測定した。その結果、冷却群では対照群に比較し、最大筋力、前腕最大周囲長、前腕屈筋群筋厚、のトレーニング前後での増加率が有意に低く、習慣的な運動後の活動筋冷却が筋力トレーニングに伴う筋肥大、筋力増強を減弱させる可能性を示した。ま

た、対照群ではトレーニング後に上腕動脈血管径の増大がみられたが、冷却群では見られなかったことから、第3章で述べた運動後冷却による筋持久力向上の抑制には筋を栄養する血管の適応性変化が影響した可能性を考察している。さらに、トレーニング初日の運動前後に血漿 VEGF(血管内皮細胞由来成長因子)、IL-6 (インターロイキン -6) の測定を行い、運動後冷却による筋肥大の抑制のメカニズムの解明を試みた。上記の条件では運動後に血漿 VEGF、IL-6の増加は見られず、運動後冷却による筋肥大の抑制にこれらの生理活性物質が関与する証拠は得られなかった。その理由として運動強度や運動時間そして活動筋量が血漿 VEGF、IL-6を増加させるには不足していたと考察している。

第5章では、第2章から第4章の結果を総括し、次のようにまとめている。

トレーニングに伴う血管径の増大、持久力の向上、筋肥大および筋力増強が運動後の活動筋冷却によって小さくなる可能性が示された。トレーニングに伴う筋および血管の適応には、機械的刺激以外に組織の温度上昇、代謝の亢進、血流の増加、炎症反応などが関与すると考えられるが、本研究では、メカニズムに言及することはできなかった。

また、本研究の結果を踏まえ、実際のスポーツ現場へ向け、以下のようにコメントしている。急性スポーツ外傷の処置としてのアイシングの有用性は明らかであり、疑問の余地はない。しかし、明らかな傷害がなく、慢性的な痛みのケアや障害の予防を目的に、運動後に習慣的なアイシングを行う際には、冷却の範囲を狭くする(関節などに)、冷却の温度や時間を緩和する等を検討すると良いかもしれない。

### 2.3 提出論文の評価

本論文は、運動習慣のない大学生に自転車こぎ運動(下肢)あるいは掌握運動やリストカール運動(上肢)のトレーニングを数週間行わせて、毎回トレーニング後に活動筋を冷却すると、本来期待されるトレーニング効果(筋肥大、筋力増強、持久力向上等)が減弱する可能性を、持久的トレーニングと筋力トレーニングの両方において示したものである。上述のように、現場へのフィードバック・メッセージを残すにも至っている。スポーツの現場から生じた疑問に、運動生理学的手法を用いた、人を対象とした実験研究によって、科学的に結論を導いた点が、体育学として高く評価できる。類似の研究がほとんどなく、オリジナリティーが極めて高い点も評価に値する。また、「正しいアイシングの方法」というスポーツ科学専門書の1項目へとつながる研究である。メカニズムの一端に血管径の増大という適応性変化が関与することを示したが、その基盤となる関与する生理活性物質の解明には至らなかった点は残念であるが、今後期待したい。

### 2.4 提出論文の既刊論文との関係

本論文を構成する各章のうち、以下の章は下記の学術誌に掲載された論文を中心にして書かれている。

#### 第2章および第3章

M. Yamane, H. Teruya, M. Nakano, R. Ogai, N. Ohnishi, M. Kosaka :

Post-exercise leg and forearm flexor muscle cooling in humans attenuates endurance and resistance training effects on muscle performance and on circulatory adaptation.

European Journal of Applied Physiology. 96:572-580, 2006

#### 第4章

M. Yamane, N. Ohnishi, T. Matsumoto :

Does regular post-exercise cold application attenuate trained muscle adaptation?

International Journal of Sports Medicine. 36:647-653, 2015

### 3. 最終試験の結果

第3回審査委員会において、口頭にて最終試験を行った。その内容は、論文の内容、研究方法論、人を対象とした実験研究における倫理、トレーニングによる生体の適応全般に関する知識を確認しようとするものであり、その結果、研究能力および専門領域についての十分な学識を有していると判定した。

### 4. 学力の確認

本論文の提出者は、本研究科博士課程において所定の単位を取得し、かつ学会誌に英文2編を含む複数の論文を発表していることにより、博士の学位を授与されるに値する学力を有すると判断した。

### 5. 結論

本学位審査委員会は、提出された博士学位請求論文が博士(体育学)の学位に値するものであり、かつ、論文提出者は専門領域に関する十分な学識と研究能力を有するものと判定した。

以上