

冷水浴・温水浴・交代浴が筋硬度に及ぼす影響

Influence that cold bath, hot bath and contrast bath
exert on muscle hardness

片 平 誠 人

Makoto Katahira

保健体育講座

(平成20年9月30日受理)

I. はじめに

競技者における筋のコンディションを把握するためには、関節可動域を観察するとともに、筋の「張り」や「凝り」具合などを触診により把握することがあり、これらは極めて重要な情報源として、コンディショニングに活用される。筋の柔軟性を評価する方法としては、関節可動域による評価が客観的指標として一般的ではあるが³⁰⁾、筋の硬さそのものを評価する方法として、筋硬度計を用いた柔軟性の評価が行われることもある^{2) 10) 31) 33)}。

筋は疲労すると、その主症状として、柔軟性や最大筋力が低下することが多くの研究から述べられている^{6) 14) 29)}。また、筋は疲労すると硬化し、痛みが生じることや、筋緊張が生じることが報告されている⁵⁾。筋の柔軟性が低下すると、筋そのものの損傷が生じるだけではなく、関連する腱や骨などに対しスポーツ傷害を誘発させる危険性が高まると考えられ、スポーツ傷害を予防するためには、筋の柔軟性を確保することが求められる。

スポーツ現場においては、筋の疲労回復や柔軟性を獲得する方法として、ストレッチングやマッサージ、アイシングなどが広く用いられている。また、これらの手技・手法が、筋の疲労回復や柔軟性の向上、筋硬度の改善に及ぼす影響については、数多くの研究から明らかにされている^{1) 11) 13) 17) 32)}。松橋ら¹³⁾は、爪先立ち運動負荷により上昇した筋硬度が、ストレッチングにより有意な回復を示したと述べている。森ら¹⁷⁾は、クライオストレッチングがアイシングを単独で行うよりも、疲労した筋の筋硬度を減少させることを報告している。小宮ら¹¹⁾は、リンパマッサージにより、有意な筋硬度の減少がみられたことを報告

している。また、赤嶺ら¹⁾は、温泉浴と水中運動を実施した結果、上腕二頭筋の筋硬度が減少したと報告している。さらに、山本³²⁾は、アクアコンディショニングにおいて、筋硬度に改善がみられたことを示している。

以上のように、筋硬度に関する研究は、様々な視点から行われているが、冷水浴、温水浴、交代浴のような物理的刺激が、疲労し硬化した筋の筋硬度の改善に及ぼす影響を明らかにした研究は少ない⁹⁾。

そこで本研究では、急性筋疲労により硬化した筋に対し、冷水浴、温水浴、交代浴を実施し、筋硬度に及ぼす影響を明らかにすることを目的とした。

II. 方法

対象は、女子学生9名とした。冷水浴、温水浴、交代浴が、筋硬度の改善に及ぼす影響を検討するため、ハンドグリップを用いた把握運動を、疲労困憊になるまで行わせた。把握運動は、時計の秒針のリズムに合わせ、初めの3分間は1秒間に1回のペースで、3分経過後については1秒間に2回のペースで行わせ、リズムが乱れ最大筋力の50%以下の筋力になった時点で、オールアウトとした^{8) 9)}。

その後、回復処置として、冷水浴（冷水浴群）、温水浴（温水浴群）、2条件の交代浴（交代浴群）、座位安静（無処置群）を実施し、同一被験者に対し、計5条件の実験を行った。

冷水浴は水温を5℃、温水浴は水温を42℃に設定し、20分間実施した。2条件の交代浴は、時間配分を、温浴1分-冷浴4分（温1-冷4群）、温浴4分-冷浴1分（温4-冷1群）とし、これ

らを4セット（計20分間）実施した。なお、交代浴の浴槽温は、温浴を42℃、冷浴を5℃に設定した。各回復処置は、手部及び前腕部に対する部分浴とし、無処置群に関しては、20分間の座位安静をとらせた。

筋硬度の測定は、井元製作所社製筋弾性計（筋疲労度計）Muscle Meter PEK-1を用いて、前腕部最大周径囲付近6ヶ所における硬度を2回ずつ測定し、これらの平均値を算出した。

皮膚温の測定は、gram社製のデータ収録型ハンディタイプ温度計LT-8Aを用いて、前腕部の皮膚温を測定した。

血流量の測定は、オメガウェーブ社製、レーザー組織血流計オメガフローFLO-C1を用いて、示指における血流量を測定した。

以上の測定項目について、運動開始前、運動後、回復処置後（以後、処置後）、処置後からは15分おきに75分後まで、合計8の測定を実施し、無処置群との差異を比較検討した^{8) 9)}。

各測定結果の統計処理は、StatMateⅢを使用した。なお、各測定結果は平均値±標準偏差(mean±SD)で示し、平均値の差の検定には、対応のあるt検定を用い、有意水準は5%未満とした。

表1 被験者の身体特性

年齢(歳)	身長(cm)	体重(kg)
20.2±0.6	161.2±3.7	53.3±2.1

表2 握力オールアウトタイム(秒)

無処置群	300.0±54.0
冷水浴群	298.3±63.4
温水浴群	301.7±63.9
温1-冷4群	309.4±57.0
温4-冷1群	320.6±58.3

Ⅲ. 結果

各測定結果については、図1～3、表3～5に示したとおりである。

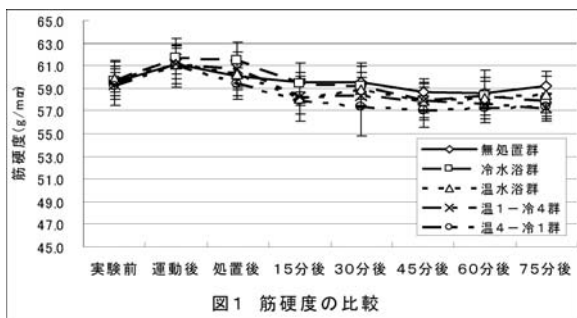


図1 筋硬度の比較

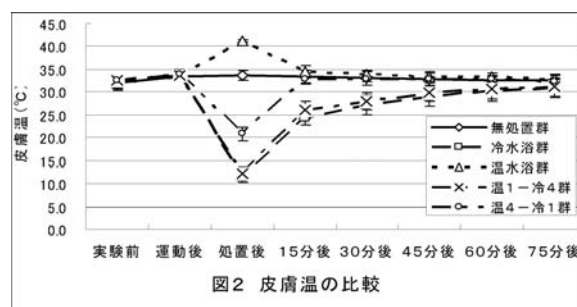


図2 皮膚温の比較

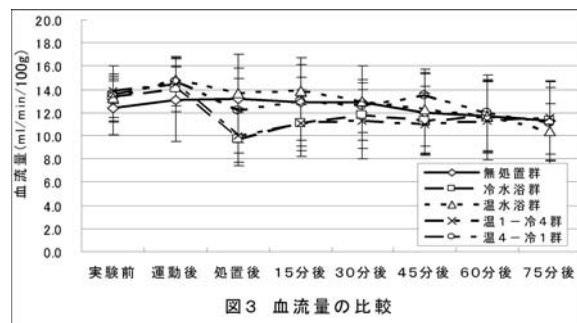


図3 血流量の比較

A. 無処置群と冷水浴群の比較

1. 筋硬度の比較

無処置群と冷水浴群の筋硬度を比較した結果、冷水浴群において、処置75分後に有意に低い値($p<0.05$)を示した(図1-1)。

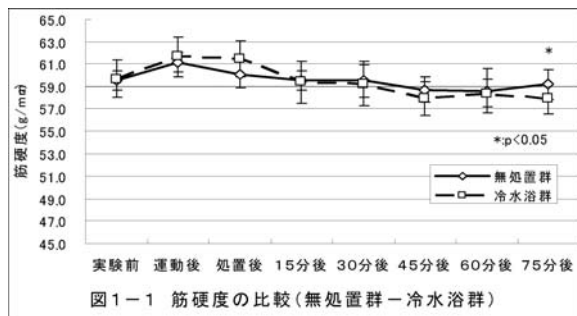


図1-1 筋硬度の比較(無処置群-冷水浴群)

2. 皮膚温の比較

無処置群と冷水浴群の皮膚温を比較した結果、冷水浴群において、処置後から処置75分後にかけて有意に低い値(処置後、15分後、30分後、45分後： $p<0.001$, 60分後： $p<0.01$, 75分後： $p<0.05$)を示した(図2-1)。

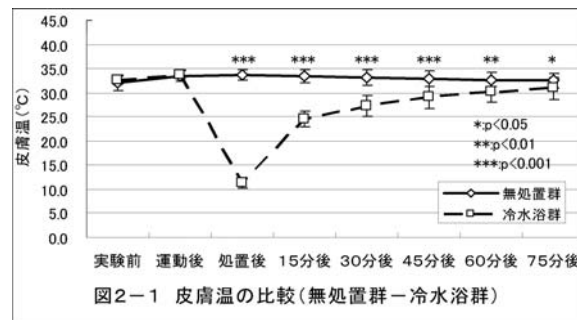
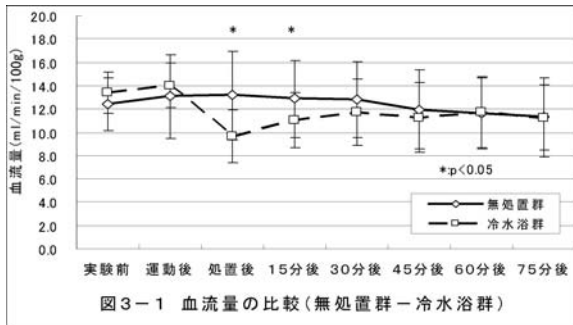


図2-1 皮膚温の比較(無処置群-冷水浴群)

3. 血流量の比較

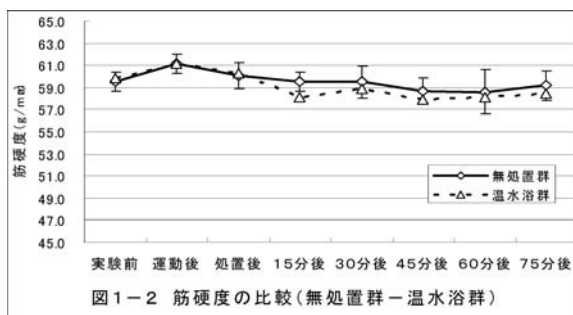
無処置群と冷水浴群の血流量を比較した結果、冷水浴群において、処置後から処置15分後にかけて有意に低い値（処置後、15分後： $p<0.05$ ）を示した（図3-1）。



B. 無処置群と温水浴群の比較

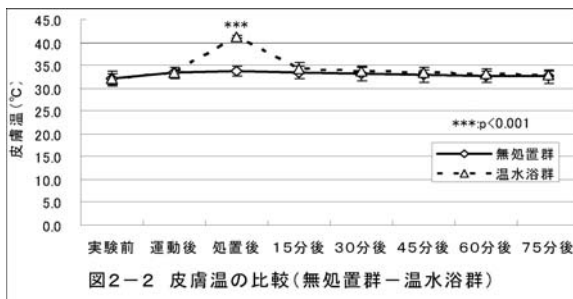
1. 筋硬度の比較

無処置群と温水浴群の筋硬度を比較した結果、2群間において有意な差はみられなかった（図1-2）。



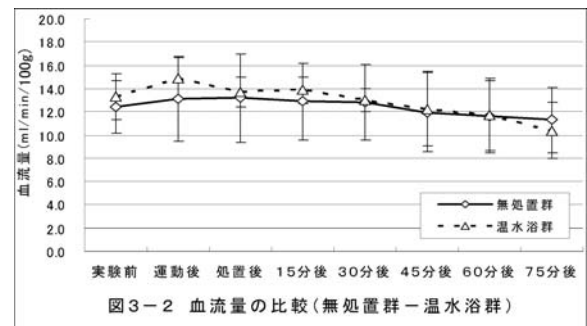
2. 皮膚温の比較

無処置群と温水浴群の皮膚温を比較した結果、温水浴群において、処置後に有意に高い値（処置後： $p<0.001$ ）を示した（図2-2）。



3. 血流量の比較

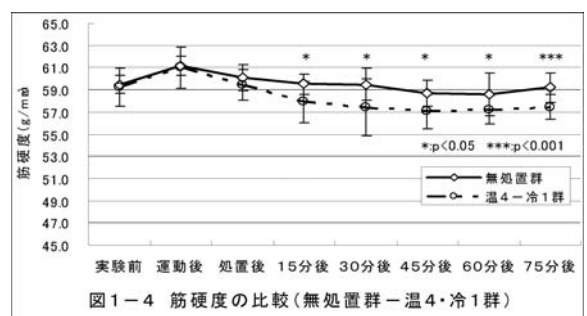
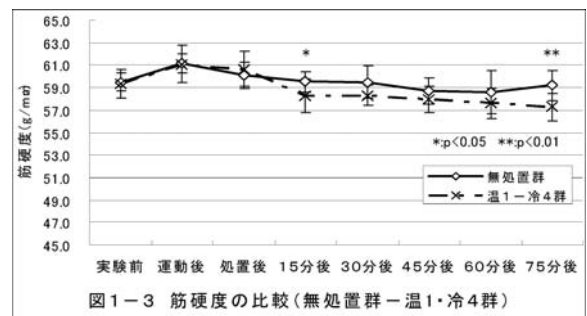
無処置群と温水浴群の血流量を比較した結果、2群間において有意な差はみられなかった（図3-2）。



C. 無処置群と交代浴群の比較

1. 筋硬度の比較

無処置群と交代浴温1－冷4群の筋硬度を比較した結果、交代浴温1－冷4群において、処置15分後ならびに75分後に有意に低い値（15分後： $p<0.05$, 75分後： $p<0.01$ ）を示した（図1-3）。また、無処置群と交代浴温4－冷1群の筋硬度を比較した結果、交代浴温4－冷1群において、処置15分後から75分後にかけて有意に低い値（15分後、30分後、45分後60分後： $p<0.05$, 75分後： $p<0.001$ ）を示した（図1-4）。



2. 皮膚温の比較

無処置群と交代浴温1－冷4群の皮膚温を比較した結果、交代浴温1－冷4群において、処置後から60分後にかけて有意に低い値（処置後、15分後、30分後： $p<0.001$, 45分後： $p<0.01$, 60分後： $p<0.05$ ）を示した（図2-3）。また、無処置群と交代浴温4－冷1群の皮膚温を比較した結果、交代浴温4－冷1群において、処置後に有意に低い

値（処置後： $p<0.001$ ）を示した（図2-4）。

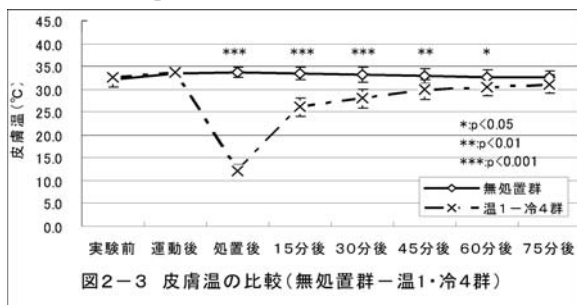


図2-3 皮膚温の比較（無処置群－温1・冷4群）

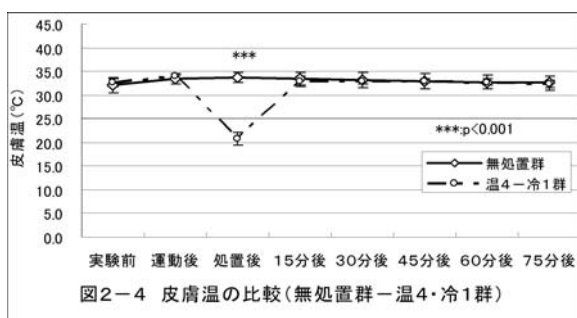


図2-4 皮膚温の比較（無処置群－温4・冷1群）

3. 血流量の比較

無処置群と交代浴温1－冷4群の血流量を比較した結果，交代浴温1－冷4群において，処置後に有意に低い値（処置後： $p<0.05$ ）を示した（図3-

3）。

また，無処置群と交代浴温4－冷1群の皮膚温を比較した結果，2群間において有意な差はみられなかった（図3-4）。

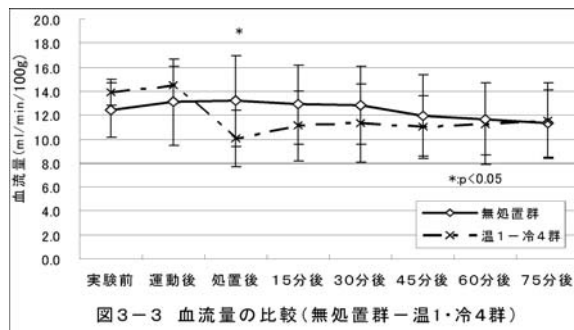


図3-3 血流量の比較（無処置群－温1・冷4群）

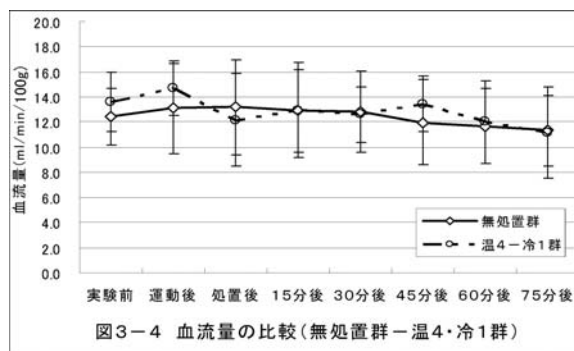


図3-4 血流量の比較（無処置群－温4・冷1群）

表3 筋硬度の比較

	実験前	運動後	処置後	15分後	30分後	45分後	60分後	75分後
無処置群	59.5±0.9	61.1±0.9	60.1±1.2	59.5±0.9	59.5±1.4	58.7±1.1	58.6±2.0	59.2±1.3
冷水浴群	59.7±1.7	61.6±1.8	61.5±1.6	59.4±1.9	59.2±2.0	57.9±1.5	58.4±1.2	57.9±1.9
温水浴群	59.8±1.6	61.2±1.4	60.3±1.9	58.1±2.0	58.9±1.5	57.9±1.7	58.1±1.8	58.5±1.6
温1－冷4群	59.3±1.3	61.1±1.7	60.6±1.5	58.2±1.5	58.3±1.0	57.9±1.1	57.6±1.3	57.3±1.2
温4－冷1群	59.2±1.7	61.0±1.9	59.4±1.4	57.9±1.9	57.4±2.6	57.1±1.5	57.2±1.3	57.4±1.1

平均値±標準偏差 (g/mm²)

表4 皮膚温の比較

	実験前	運動後	処置後	15分後	30分後	45分後	60分後	75分後
無処置群	32.0±1.6	33.4±1.0	33.6±1.0	33.3±1.4	33.1±1.6	32.8±1.5	32.6±1.5	32.5±1.4
冷水浴群	32.6±0.8	33.8±0.9	11.3±1.0	24.4±1.6	27.1±2.2	29.0±2.3	30.2±2.3	30.9±2.2
温水浴群	32.0±1.3	33.3±1.2	41.2±0.3	34.4±1.3	33.8±0.8	33.4±0.6	33.2±0.5	32.9±0.7
温1－冷4群	32.6±0.7	33.7±0.9	12.2±1.2	26.0±2.0	27.9±1.9	29.9±2.1	30.5±2.0	31.1±2.0
温4－冷1群	32.6±0.7	33.8±0.5	20.8±1.4	32.9±1.1	32.8±0.5	32.9±0.4	32.7±0.6	32.3±0.8

平均値±標準偏差 (°C)

表5 血流量の比較

	実験前	運動後	処置後	15分後	30分後	45分後	60分後	75分後
無処置群	12.4±2.3	13.1±3.6	13.2±3.8	12.9±3.3	12.8±3.2	11.9±3.4	11.7±3.0	11.3±2.8
冷水浴群	13.4±1.8	14.0±1.9	9.7±2.3	11.0±2.3	11.7±2.9	11.3±3.0	11.7±3.1	11.3±3.4
温水浴群	13.3±2.0	14.9±1.8	13.7±1.3	13.9±1.1	13.0±1.0	12.2±3.2	11.7±3.2	10.4±2.4
温1－冷4群	13.9±1.1	14.5±1.5	10.0±2.3	11.1±2.9	11.3±3.3	11.0±2.6	11.3±3.4	11.5±3.1
温4－冷1群	13.6±2.4	14.7±2.2	12.2±3.7	12.9±3.8	12.6±2.2	13.4±2.3	12.0±3.3	11.1±3.6

平均値±標準偏差 (ml/min/100g)

IV. 考察

筋の緊張は、タイトネス(muscle tightness)と呼ばれ、タイトネスの増大は、パフォーマンスの低下や、スポーツ傷害の発症につながると考えられている⁴⁾。木下ら¹⁰⁾は、複数の文献を引用し、筋のタイトネスは、伸張ストレスに対する筋の弾性の程度を表す用語であるが、筋の緊張度(muscle stiffness, muscle tension), 筋柔軟性(muscle flexibility), 筋硬度(muscle hardness)とも表記され、統一されていないと述べている¹⁰⁾。したがって、木下ら¹⁰⁾は、全般的な筋の緊張をタイトネス、長軸方向への抵抗をスティッフネス、筋肉を皮膚から押したときの反発力をハードネスという言葉で定義している。よって、本実験の測定で使った筋硬度計〔井元製作所社製筋弾性計(筋疲労度計) Muscle Meter PEK-1〕(写真1)は、ハードネスを測定しているものと捉えることができる。



鈴木ら²⁵⁾は、筋硬度は、安静時に対して激運動直後に有意に増加し、激運動後に対し回復時では有意に低い値を示したことを報告している。村山ら¹⁵⁾は、一過性疲労運動後の筋硬度と血流量の関係について、運動直後は動脈流入量増大に伴う顕著な容積変化が筋硬度に影響を及ぼしたことを示唆し、回復過程における前値を下回る筋硬度の変動には、筋線維及び結合組織の機械特性の変化も考えられると述べている。また、小宮ら¹²⁾は、運動に伴う筋硬度の増加の要因のひとつとして、血管系での高血流と細胞間隙における組織水の貯留増大が関与していることを示唆している。本研究においても、運動前後の筋硬度を比較したところ、各群ともに把握運動後に有意な増加を示し、運動様式は異なるものの鈴木ら²⁵⁾や、村山ら¹⁵⁾の報告とほぼ同様の筋硬度の変化を観察することができた(図4)。しかし、血流量においては、増加傾向はみられるものの有意な増加ではなく、村山ら¹⁵⁾や、小宮ら¹²⁾の報告に反する結果となった(図5)。井下ら⁷⁾や、山本ら³¹⁾は、

筋硬度における柔軟性の評価においては、皮膚表面下の血流量と筋硬度との関連性は低いと述べている。また、村山ら^{15) 16)}の研究では、血流量の測定として動脈流入量(下腿容積変化)の測定を行っていることから、血流量の測定方法における差異が影響したのではないかと考えられる。

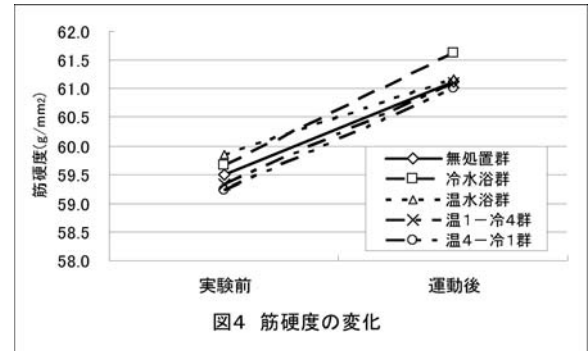


図4 筋硬度の変化

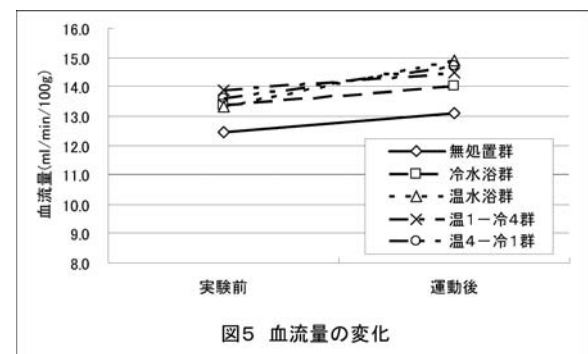


図5 血流量の変化

村山ら^{15) 16)}は、一過性疲労運動後の筋硬度の変化には、血流量以外の要因として、筋線維及び結合組織の機械特性の変化も考えられると述べている。したがって、筋硬度を変動させる要因として、物理的刺激が筋硬度に及ぼす影響についても、考察する必要性があると考えられる。

Urbscheitら²⁸⁾は、寒冷によって筋緊張を減少させることができることを報告し、Newtonら¹⁸⁾は、冷却により組織温が10℃以下になるとγ系などの有髄神経線維の伝導速度が遅くなり、筋スパズムが抑制されることを報告している。したがって、寒冷の適用が筋硬度を低下させる可能性があることが推察される。しかし、Clarkeら³⁾は、冷却により手指や手における巧緻性が低下することを報告し、またHunterら⁶⁾は、冷却による温度低下により関節のスティッフネスが増大することを報告している。したがって、冷水浴には、筋緊張を緩和し筋硬度を低下させる作用があると考えられるが、冷水浴群における筋硬度の有意な減少が、処置75分後に遅れて生じたのは、冷却刺激

による一時的なスティッフネスの増大が関与したためではないかと推察される。

野村²¹⁾ は、筋疲労の回復手段として温熱療法があることの述べており、その中には本研究において回復手段として用いた温水浴も含まれる。温水浴などの温熱刺激による生理的作用としては、血管拡張作用、コラーゲン線維柔軟化作用、代謝の促進、末梢および中枢神経作用などがみられることが報告されている^{23) 27)}。また、入浴やサウナによる全身加温は、老廃物の排出を促進し、疲労回復や筋の痛み、こわばりの改善に効果的であると述べられている²⁷⁾。さらに、杉元ら²⁴⁾ は、筋温を約42℃まで上昇させると、筋緊張が抑制され筋スパズムが軽減し疼痛が緩和すると述べ、組織温が3℃上昇すれば、組織の粘弾性の改善により伸張しやすくなることを報告している。したがって、温水浴を適用することにより、筋硬度を改善する可能性が考えられる。しかし、本研究の結果においては、温水浴群に有意な筋硬度の改善がみられなかった。温水浴群の皮膚温を観察すると、温水浴後の皮膚温は、 $41.2 \pm 0.3^{\circ}\text{C}$ であった。したがって、本研究においては、温水浴を42℃で20分間適用したが、筋温を42℃まで上昇させるには不十分であったことが考えられ、温熱刺激の持つ生理学的效果が十分に作用せず、筋硬度の改善がみられなかったのではないかと考えられる。

交代浴は、患部を温水と冷水に交互に浸し、機能的末梢循環障害の改善を目的とする治療法である²²⁾。交代浴が生体に与える作用には、①「積極的な血管の収縮や拡張を促し、血流を改善する」ことや、②「血管が周囲の温度変化により効果的に反応するよう再教育する」こと、③「末梢血管の反応性を高める」などの作用があると述べられており、生理学的作用として、①急速で顕著な血管拡張作用、②急速な皮膚温上昇、③反射的な深部血液循環量の増加、④顕著な鎮痛作用があることが報告されている²⁹⁾。玉川ら²⁶⁾ は、温度刺激は不感温度から隔たるほど強く、温度刺激は温度変化が大きいほど強いと報告している。また、西山ら¹⁹⁾ は、交代浴の生理的效果が、単独の温水浴や冷水浴より効果を認める理由は、温度差に幅があるためであると述べている。したがって、温水浴と冷水浴を組み合わせることにより、単一の処置を行うのに比べ、血管反応や反射作用、鎮痛効果をより大きく引き出すことができると考えられ、冷水浴群や温水浴群よりも、交代浴群の筋硬度の低下が良好であったと考えられる。野上²⁰⁾ は、冷温交代浴を実施したグループが、温浴やホット

パックの処置をした場合よりも皮下組織の血行がより増加したと述べ、この結果は単なる温熱作用による血管拡張ではなく、反射機能を含む複雑な生理的機序によりコントロールされているのではないかと推察している。

以上のことから、冷水浴や交代浴を適用することにより、無処置の場合よりも筋硬度を低下させることが明らかになったが、そのメカニズムについては不明な点が多く、単に血流量のみでは説明することは困難であることが示唆された。

V. 結論

把握運動により生じた筋硬度の上昇に対し、冷水浴及び交代浴を適用することは、無処置の場合と比べて、筋硬度を低下させる作用があることが明らかになった。

文献

- 1) 赤嶺卓哉, 田口信教, 田中孝夫, 黒木晶子, 山中省三, 現王園静: 温泉浴を併用した水中運動の中高年者に及ぼす影響について—筋硬度(柔軟度)測定結果を含めて—, 鹿屋体育大学学術紀要, 35, 83-87, (2007)
- 2) 有馬義貴, 矢野 忠, 井元俊之: 鍼灸臨床における軟部組織の緊張度(硬度)の客観的評価法, 東方医学, 13, (2), 13-21, (1997)
- 3) Clarke RSJ, Hellon RF, Lind AR: Vascular Reactions of the human forearm to cold, Clin Sci, 17, 165-179, (1958)
- 4) Ekstrand J: The frequency of muscle tightness and injuries in soccer players. Am J Sports Med, 10, 75-78, (1982)
- 5) 萩島秀男編: 冷熱交互療法(交代浴), 物理療法のすべて, 第1版, 医歯薬出版, 東京, 114-115, (1973)
- 6) Hunter J, Kerr EH, Whillans MG: The relationship between joint stiffness upon exposure to cold and the characteristics of synovial fluid. Can J Med Sci, 30, 367-377, (1952)
- 7) 井下佳織, 山本利春, 鈴木由紀子: 柔軟性の評価としての筋硬度測定の妥当性に関する研究, 体力科学, 49, (6), 704, (2000)
- 8) 片平誠人, 山本利春: 冷水浴・温水浴・交代浴が疲労した握力の回復過程に及ぼす影響, 福岡教育大学紀要, 54, 第5分冊, 33-38, (2005)
- 9) 片平誠人, 山本利春: 異なる時間配分の交代浴が疲労した握力の回復に及ぼす影響, 福岡教

- 育大学紀要, 55, 第5分冊, 31-34, (2006)
- 10) 木下裕光, 宮川俊平: 筋のタイトネスとストレッチ, 体育の科学, 56, 9, 710-713, (2006)
- 11) 小宮秀明, 前田順一, 竹宮 隆: 筋硬度からみた局所運動後のマッサージ効果について, 体力科学, 44, (6), 676, (1995)
- 12) 小宮秀明, 前田順一, 竹宮 隆: 局所運動後の筋硬度と容積量の経時変化について, 日本運動生理学会誌, 3, (1), 62, (1996)
- 13) 松橋明宏, 松原 茂, 岩本圭史, 佐藤孝雄, 久光 正: 爪先立ち運動負荷による下腿筋硬度上昇に対するストレッチの影響, 体力科学, 48, (6), 764, (1999)
- 14) Meeusen R, Lievens P: The use of Cryotherapy in sports injuries. Sports Med, 3, 398-414, (1986)
- 15) 村山光義, 米田継武, 河合祥雄: 一過性疲労運動後の筋硬度と血流量の関係, 体力科学, 53, (6), 669, (2004)
- 16) 村山光義, 米田継武, 河合祥雄: 一過性疲労時の筋硬度変動の要因, 体力科学, 54, (6), 669, (2005)
- 17) 森慎太郎, 向井直樹, 白木 仁, 竹村雅裕, 宮川俊平: クライオストレッチが筋の疲労回復に及ぼす影響, 第63回日本体力医学会予稿集, 282, (2008)
- 18) Newton MJ, Lehmkuhl D: Muscle spindle response to body heating and localized muscle cooling, J Am Phys Ther Ass, 45, 91-105, (1965)
- 19) 西山保弘, 富松 剛: 温冷水の温度格差が皮膚の感覚神経に与える影響, 日本物理療法学会会誌, 15, 24-29, (2008)
- 20) 野上貞夫: 温熱・寒冷療法, 理学療法, 3, (2), 111-118, (1986)
- 21) 野村亜樹: 理学療法と疲労回復, 体育の科学, 52, (3), 215-217, (2002)
- 22) 杉元雅晴: 水治療法, 理学療法ハンドブック, 第2版, 1163-1196, 共同医書出版, 東京, (1998)
- 23) 杉元雅晴: 物理療法の科学的基礎, PTジャーナル, 23, (6), 425-431, (1989)
- 24) 杉元雅晴: 物理的刺激を理解する, 理学療法のとらえかた, 第1版, 257-270, 文光堂, 東京, (2001)
- 25) 鈴木由紀子, 小西由里子, 山本利春, 大道等: 運動に伴う関節可動域と筋硬度との関連性, 体力科学, 47, (6), 704, (1998)
- 26) 玉川鐵雄, 西條一止編: 物理療法・鍼灸マニュアル, 第1版, 南江堂, 東京, (1973)
- 27) 田中信行, 堀切 豊, 鄭 忠和: 温熱療法, 総合リハ, 25, (8), 721-725, (1997)
- 28) Urbscheit N, Johnston R, Bishop B: Effect of cooling on the ankle jerk and H-response in hemipelgic patients. J Am Phys Ther Ass, 51, 983-988, (1971)
- 29) 矢部京之助: スポーツ活動に伴う疲労とその回復, B級コーチ・アスレティックトレーナー教本, 114-122, (財)日本体育協会, (1989)
- 30) 山本利春: メディカルチェック (外科), 日本体力医学会監修, スポーツ医学—基礎と臨床—, 第1版, 朝倉書店, 東京, 119-124, (1998)
- 31) 山本利春, 井下佳織, 鈴木由紀子, 小西由里子: 柔軟性評価としての筋硬度測定の妥当性に関する研究, 武道・スポーツ科学研究所年報, 5, 129-135, (1999)
- 32) 山本利春: 水中運動の臨床応用 スポーツ選手のリハビリテーションとコンディショニング, 臨床スポーツ医学, 20, (3), 281-288, (2003)
- 33) 矢野 忠, 有馬義貴, 井元俊之: 圧痛閾値同時計測型生体用組織硬度計「Digital Palpometer」の開発 (第1報), 日本手技療法学会誌, 9, (1), (1998)