

肘関節伸展運動後のアイシング処置が上腕二頭筋の筋硬度、血流動態に与える影響

前野信久¹⁾・吉留直也²⁾・高橋優汰³⁾・中嶋乃林子³⁾・
藤田弘満³⁾・中島創²⁾・水谷晋也²⁾・吉田迅杜²⁾

The effect of icing after curl arm motions regarding the muscle stiffness and blood flow in the biceps

Nobuhisa MAENO, Naoya YOSHITOME, Yuta TAKAHASHI, Noriko NAKAJIMA, Hiromitsu FUJITA, So NAKASHIMA, Shinya MIZUTANI and Hayato YOSHIDA

要旨

【目的】肘関節伸展運動後のアイシング処置が筋硬度と抹消の血流動態に及ぼす効果を明らかにするとともに、エラストグラフィを用いた筋硬度測定の妥当性について検討した。

【方法】大学生 15 名に肘関節伸展運動をオールアウトまで実施し、運動後にアイシング処置を行うアイシング実施群と非実施群の対照実験を行った。測定項目はエラストグラフィおよび簡易筋硬度計による筋硬度、超音波ドプラ法による血流速度、血流量などとした。

【結果】エラストグラフィによる筋硬度は、運動後 24 時間において実施群が非実施群より高い（柔らかい）傾向を認めた（ $p=0.051$ ）。しかし、筋硬度は各測定方法の間に有意な相関関係を認めなかった。また、アイシング実施群における分時拍出量が処置後に有意に低下した（ $p=0.001$ ）。

【考察および結語】アイシング処置が一時的に筋の炎症を抑制させ、運動後 24 時間の筋硬度に影響を与える可能性が考えられた。

Keywords : アイシング、筋硬度、エラストグラフィ、血流動態、肘関節伸展運動
Icing, Muscle stiffness, Elastography, Blood flow, Curl arm motions

I. はじめに

アイシングは、応急処置（Rest Ice Compression Elevation: RICE 処置）の中の「冷やす（ICE）」に用いられる処置方法であり、受傷部の疼痛や腫脹などの炎症を抑え、二次的損傷を最小限に制限することを目的としている。その他に、脱水や環境による発汗抑制によっておこる体温上昇を抑える目的やクールダウンの目的などで行われる場合がある。アイシングの生理作用には、局所新陳代謝の低下、毛細血管浸透圧の減少、血管収縮とその後の拡張、感覚受容器の閾値の上昇、刺激伝達遅延による中枢への感覚インパルス減少、筋紡錘活動の低下等があり（山本ら 2001）、これらの作用により、炎症や浮腫の抑制、血液循環の改善、鎮痛作用、筋スパズムの軽減効果が期待されている。

運動後の処置にアイシングが有効であるのか否かについてはさまざまな報告がある。例えば、Cheung

1) 愛知淑徳大学健康医療科学部スポーツ・健康医科学科

2) 愛知淑徳大学健康医療科学部スポーツ・健康医科学科 2013 年度卒業生

3) 愛知淑徳大学健康医療科学部スポーツ・健康医科学科 2016 年度卒業生

ら（2005）、Hohenauer ら（2015）は、遅発性筋痛の軽減に有効であると報告し、Howatson（2003）ら、Sellwood ら（2007）は有効でないと報告している。また、山本ら（2001）は、アイシングの実施において一次損傷による炎症反応をある程度抑えることができるが、アイシングを実施しない場合においても一次損傷の程度は変わらないことを報告し、さらに、筋修復におけるアイシングの効果は認められないとしている。アイシング処置における遅発性筋痛の軽減や炎症抑制への有効性の有無について、先行研究において未だ一貫性が得られない原因として、加賀谷（2005）の報告においても、アイシングの治療時間、温度について一様でないことが挙げられており、アイシングは客観性に乏しく経験的要素が強いことが指摘されている。このようにアイシング処置にはそれぞれの効果に相反する報告も多く、治療効果、また処置経過中の各生理学的指標など不明な点がまだまだ多くある。運動後の疲労回復処置は、その予後にも大きく影響するため、より効果的な処置の確立が急務であるが、スポーツ現場においては効果的な処置ができていないという問題があるのではないかと思われる。

今回、アイシングの処置効果を評価する生理学的指標の1つとして超音波組織エラストグラフィ（Ultrasound real-time Tissue Elastography；以下、エラストグラフィ）による筋硬度を測定した。エラストグラフィは、既に乳腺、甲状腺、前立腺などの腫瘍の良性悪性の鑑別などにおいて臨床応用されているが、整形外科領域とくに筋組織における応用については、十分な応用がなされていない（前野ら 2013）。一方、運動負荷後や筋疲労における筋硬度測定については、複数の研究において実施されている（岡ら 1996、松原ら 2004、木村ら 2007）。しかしながら、使用された測定機器として、押し込み式筋硬度計（生体組織硬度計、以下、簡易筋硬度計）や圧力計を装着した荷重超音波診断装置（沢井ら 2017）などを用いた研究が主であり、超音波診断装置によるエラストグラフィを用いた筋硬度測定についての研究は皆無である。従来から筋硬度測定に簡易的に用いられてきた押し込み式筋硬度計による測定とエラストグラフィを用いた筋硬度測定を比較し、妥当性が確認できれば、筋硬度を多面的評価することが可能になる。さらに、本研究においては、超音波ドプラ法による血流速度や血流量の他、近赤外分光式運動負荷酸素モニターによる筋組織中の酸素濃度を測定した。末梢循環および骨格筋内の代謝的の側面からアイシングの効果を総合的に評価できる。

本研究は、肘伸展運動後のアイシング処置が筋硬度と末梢循環動態に及ぼす効果を明らかにするとともに、エラストグラフィを用いた筋硬度測定の妥当性について検討した。

II. 方法

1. 対象

本研究の対象者は愛知淑徳大学の大学生15名（男性 10名、女性 5名）であった。日頃から対象部位のトレーニングを行っている者は除外した。本研究は、愛知淑徳大学健康医療科学部の倫理委員会の承認に基づき、全ての対象者に、本研究の目的と方法を説明し文書による同意を得て行われた（健学教通 第2013-6号、第2013-7号）。

また、本研究においては対象者に上腕二頭筋の伸張性収縮の筋活動を伴う肘関節伸展運動を実施した。伸張性収縮の筋活動では、運動した数時間後から数日後にかけ、筋痛（遅発性筋痛）が引き起こることが予測されるため、筋痛が続く数日間の生活において、筋痛が何らかの支障を与える可能性のある被験者は、この研究への参加を辞退すること、また、筋痛がその日の生活において支障をきたす場合、湿布などによる処置をすることを可能とした。筋痛が引き起こることは、文書および口頭において正しく伝えた。

2. 運動内容と測定項目

本研究においては、女性の被験者の参加や長時間の肘関節伸展運動を実施することを目的としたため、ダンベルの重さを 3kg とした。肘関節伸展運動の運動開始は、立位時の肘関節の鉛直方向から上腕およ

び前腕ともに前面に肘関節を45度挙上した角度においてスタートさせることを定義した。また、伸張性収縮に限定させることを目的としたため、肘関節を屈曲させる短縮性収縮の際には筋収縮が行われないう、屈曲時には検者によってサポートし行った。肘関節伸展運動による屈曲後、開始位置に下ろすまでの時間を3秒間で行うこととし、オールアウトまで実施した。運動のリズムは、60bpmに設定したメトロノームの音を基準に行い、運動開始位置から最大屈曲位までの短縮性収縮をおよそ1秒とし、運動終了は、最大屈曲位から運動開始位置である肘関節完全伸展位までの伸張性収縮が3秒間継続できず、3秒未滿で肘関節が完全伸展位に達した時とし、その時点をおールアウトと判定した。また、同一被験者においてアイシング処置、無処置を1週間の間隔をあけて実施した。各処置の順は、被験者ごとにランダムに変え、クロスオーバー試験において実施した。アイシングは、3cm×3cmのキューブ型の氷を少量の水とともに、直径約23cmの氷嚢にいれ、氷嚢内温度がおよそ0℃であることを確認してから、氷嚢を患部に専用の固定バンドを用いて固定することで処置を行った。また、長時間の直接接​​触が凍傷の原因になり得るため、使用時にはタオルを巻くなどの工夫をした。アイシングの処置は、オールアウト直後から15分間実施した。なお、対照実験では、処置を何も行わなかった。

本研究における測定項目は、筋硬度（歪み度）、最大血流速度（Propagation velocity）、1回拍出量（Stroke volume）、分時拍出量（Minute volume）、脈拍数（Pulse rate）、組織中の酸素飽和度（Tissue oxygen saturation）を計測した。

また、質問紙による主観的評価の比較を行い、運動後と24時間後に被験者に患部の痛みの程度や疲労度を質問紙に10段階で示してもらい、その軽減の程度をアイシング処置の有無に分けて比較した（図1）。

主観的疲労度の調査 月 日 氏名

今の上腕の状態を教えてください。

下のスケールに、上腕の痛みの程度を、線を1本書いて教えてください。

痛みが全くない 痛みがある

運動後

24時間後

図1. 主観的疲労度および痛みについての自己記入式質問紙

3. 筋硬度（筋硬度比）計測

筋硬度比の計測には、超音波診断装置（日立社製 EUB-7000HV、6.0-14.0MHz リニアプローブ）を用いた。エラストグラフィによる筋硬度計測では、歪み度が限りなくゼロに近い値を示す樹脂の部分の硬さと筋の硬さを比較し、相対値としての筋硬度の比を算出している。すなわち、樹脂部分の硬さに対する筋の硬さの比として、柔らかさの指標（歪み度）を算出し、筋が柔らかいほど筋硬度比が高く算出される。本研究においては、以後、エラストグラフィによる筋硬度（歪み度）を筋硬度比として表記した。また、エラストグラフィにおける筋硬度比と測定値を比較する目的で、簡易筋硬度計（井元製作所社製生体組織硬度計 PEK-1）を使用した。エラストグラフィによる筋硬度比、簡易筋硬度計による筋硬度の測定は、上腕二頭筋について、安静時（肘関節伸展運動前）、処置直後（肘関節伸展運動後アイシング実施および肘関節伸展運動後アイシング非実施）、運動実施後24時間のタイミングで計3回測定を行った。エラストグラフィにおける超音波プローブの走査については、筋線維を平行に描出するようにプローブを当てがい計測した。

4. 血流計測、組織中の酸素飽和度計測

血流計測においても同様に超音波診断装置（日立製作所社製 EUB-7000HV、6.0-14.0MHz リニアプローブ）を使用した。超音波ドプラ法において、肘部の上腕動脈から最大血流速度、1回拍出量、分時拍出量、脈拍数を測定した。また、筋組織の酸素飽和度の計測には、運動負荷ヘモグロビン酸素飽和度測定装置（アステム社製 運動酸素モニター St-11）を使用し、アイシング処置を行った上腕部にセンサーを装着し測定した。それぞれ安静時（肘関節伸展運動前）、処置直後（肘関節伸展運動後アイシング実施および肘関節伸展運動後アイシング非実施）、処置後15分、処置後20分のタイミングで計4回測定を行った。

5. 解析方法

統計解析は、Statistical Package for Social Sciences (SPSS) version 22.0 を使用し、5%未満を有意水準とした。アイシング実施条件と非実施条件（無処置）の2群の比較には対応のあるt検定を用いた。各2群の時間経過の比較には反復測定の一元配置分散分析を用い、Bonferroni補正による多重比較検定を行った。また、エラストグラフィによる筋硬度比と簡易筋硬度計による筋硬度の関連性の解析には相関分析を行った。

III. 結果

1. 筋硬度（筋硬度比）計測

アイシング実施群、非実施群の2群間について、超音波エラストグラフィと簡易筋硬度計を用い、安静時、処置直後および運動後24時間の計3回、上腕二頭筋の筋硬度を計測した。

1) 運動直後・24時間後の筋硬度の比較

エラストグラフィを用いた測定において、対応のあるt検定を用いアイシング実施群と非実施群の2群間を比較した結果、アイシング処置直後の筋硬度比、運動後24時間の筋硬度比のいずれも2群間に統計的有意差を認めなかった。しかし、運動後24時間の筋硬度比においては、2群間に有意差を認める傾向（ $p=0.051$ ）にあった（図2）。また、簡易筋硬度計を用いた測定においても、2群間に統計的有意差を認めなかった（図3）。

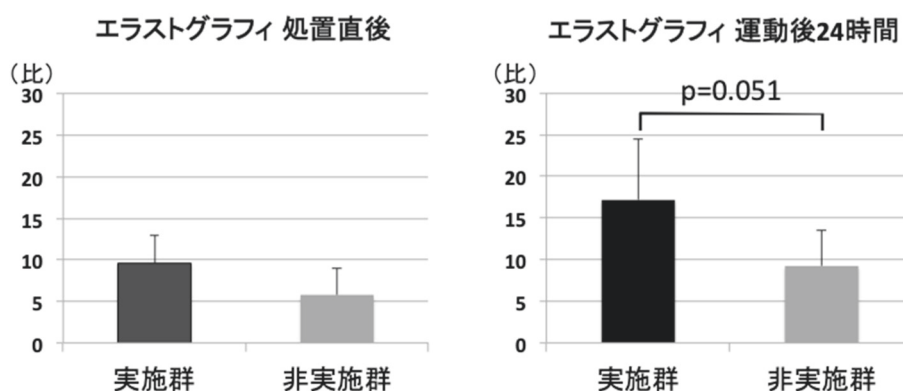


図2. エラストグラフィを用いたアイシング処置直後、運動後24時間のアイシング実施群（n=5）と非実施群（n=5）
(not significant)

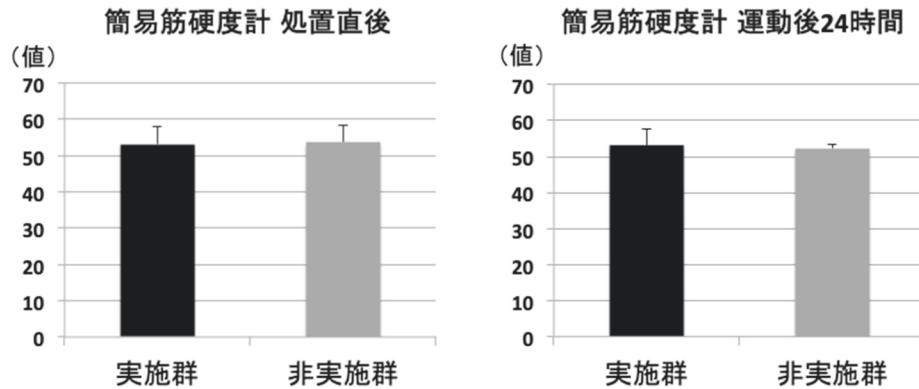


図 3. 簡易筋硬度計を用いたアイシング処置直後、運動後 24 時間のアイシング実施群 (n=5) と非実施群 (n=5)
(not significant)

2) アイシング実施群・非実施群の筋硬度（筋硬度比）の時間経過における推移の比較

アイシング実施群と非実施群において、エラストグラフィによる筋硬度比、簡易筋硬度計による筋硬度を測定し、時間経過に伴い、それぞれの値の平均値がどのように推移するのかについて、反復測定による一元配置分散分析を行い比較した。その結果、エラストグラフィによる筋硬度比、簡易筋硬度計による筋硬度のいずれも安静時、処置直後（肘関節伸展運動後）、運動後 24 時間の各時間経過に統計的な有意差を認めなかった（図 4）。

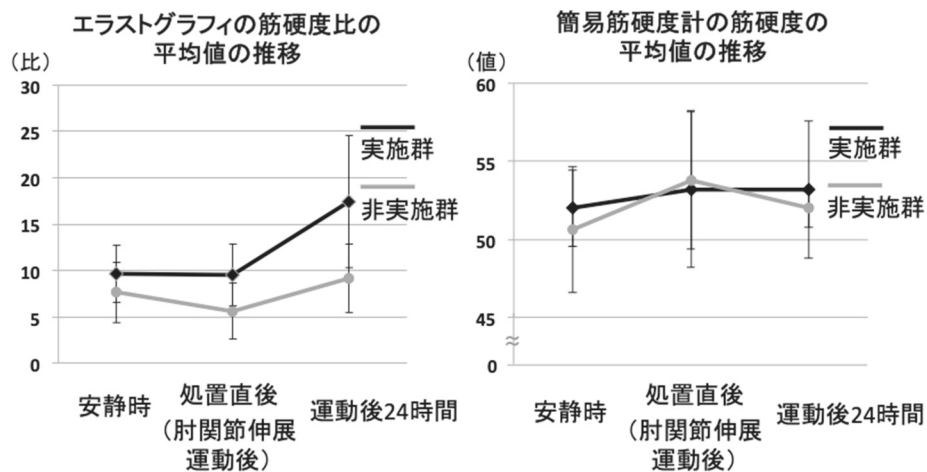


図 4. アイシング実施群 (n=5) と非実施群 (n=5) におけるエラストグラフィと簡易筋硬度計による安静時、処置直後（肘関節伸展運動後）、運動後 24 時間の筋硬度比・筋硬度の推移
(not significant)

エラストグラフィの筋組織への応用について、その生理学的指標としての妥当性を検討するため、簡易筋硬度計による筋硬度に対し、相関分析を行った。アイシング実施群、非実施群ともに、有意な相関を認めなかった（表 1）。

表 1. エラストグラフィと簡易筋硬度計による安静時、運動後、24 時間後の筋硬度の相関分析

	安静時		運動後		24時間後	
	r	p	r	p	r	p
全対象群	0.117	0.747	-0.132	0.715	-0.217	0.575
アイシング実施群(n=5)	0.516	0.373	-0.705	0.183	-0.349	0.555
非実施群(n=5)	-0.184	0.767	0.661	0.273	-0.746	0.254

3) 質問紙による主観的評価の比較

運動後と 24 時間後に被験者に患部の疲労度（痛み）を質問紙に 10 段階で示してもらい、その軽減した程度をアイシング実施群と非実施群の 2 群間について、対応のある t 検定を用い比較した。その結果、アイシング実施群の方が患部の疲労度（痛み）の軽減が高かったもの、2 群間に有意な差異は認めなかった（図 5）。

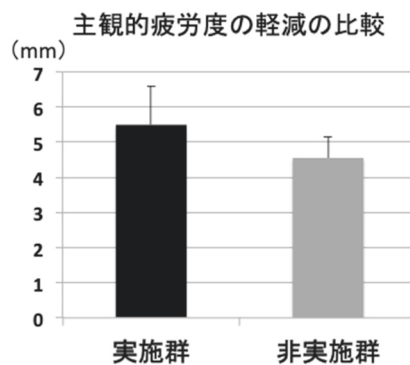


図 5. 質問紙による主観的な疲労度（痛み）の比較
(not significant)

2. 血流計測、組織中の酸素飽和度計測

アイシング処置によって各血流計測項目および組織中の酸素飽和度の経過時間の値がどのような影響を受けるかを分析する為、反復測定による一元配置分散分析を行った。また、個人差をなくすために、各経過の計測値を引き算し、その変化量を比較した。各計測項目の結果について、最大血流速度（図 6）、1 回拍出量（図 7）、分時拍出量（図 8）、組織中の酸素飽和度（図 9）を示した。

各経過時間において、有意な差異が認められた計測項目は、アイシング実施群における 1 回拍出量、分時拍出量のみであった（図 7, 8）。非処置群においては、どの測定項目および経過時間においても有意差は認められなかった。アイシング実施群の 1 回拍出量においては、肘関節伸展運動直後とアイシング処置後 20 分において、有意に血流量が低下していた（ $p=0.015$ ）（図 7 上段左）。また、分時拍出量は、肘関節伸展運動直後とアイシング処置後 15 分（ $p=0.006$ ）、肘関節伸展運動直後とアイシング処置後 20 分（ $p=0.001$ ）において、有意に血流量が低下していた（図 8 上段左）。また、各経過時間の変化量については、分時拍出量のみ、安静時から肘関節伸展運動直後、肘関節伸展運動直後からアイシング処置後 15 分の変化量（ $p=0.014$ ）および安静時から肘関節伸展運動直後、アイシング処置後 15 分からアイシング処置後 20 分の変化量（ $p=0.026$ ）において、有意な変化量の増加が認められた（図 8 下段左）。

また、脈拍数については、アイシング実施群における負荷直後及び処置直後は、それぞれ 87.1 拍/分と 78.3 拍/分、非実施群における脈拍数はそれぞれ 81.3 拍/分と 79.3 拍/分となり、2 群間に有意な差異は認められなかった。

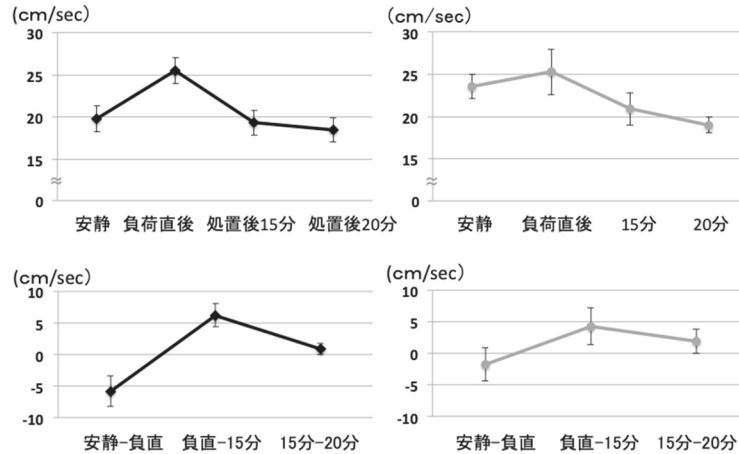


図 6. アイシング実施群 (n=10) (左側: 黒色線) と非実施群 (n=10) (右側: 灰色線) における最大血流速度の推移 (上段) とその変化量 (下段)
(not significant)

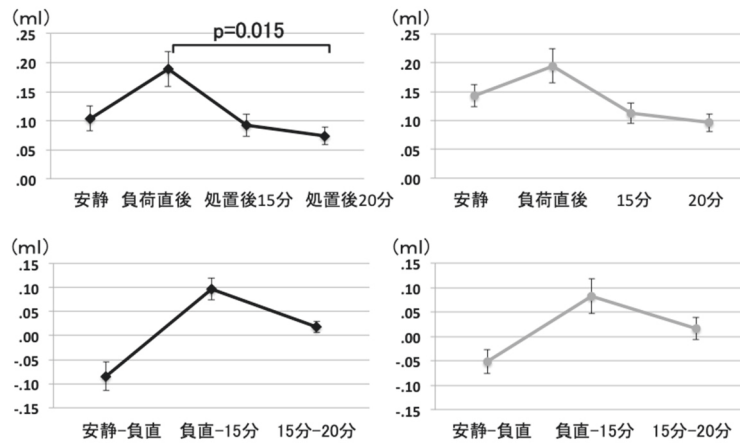


図 7. アイシング実施群 (n=10) (左側: 黒色線) と非実施群 (n=10) (右側: 灰色線) における1回拍出量の推移 (上段) とその変化量 (下段)
(アイシング実施群の“負荷直後-処置後 20分”以外、すべて not significant)

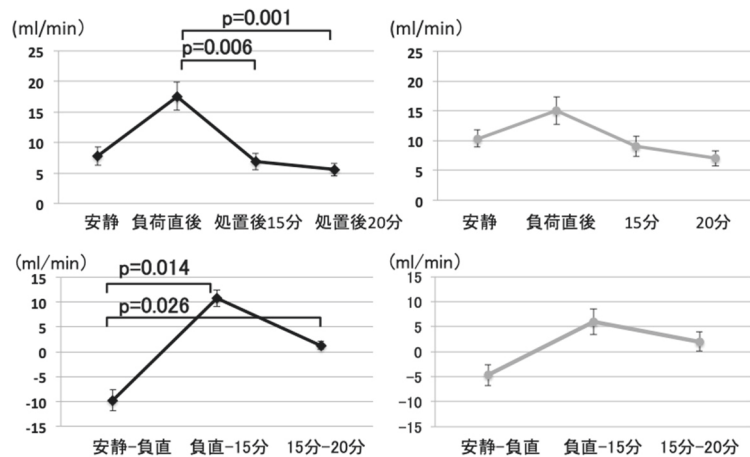


図 8. アイシング実施群 (n=10) (左側: 黒色線) と非実施群 (n=10) (右側: 灰色線) における分時拍出量の推移 (上段) とその変化量 (下段)
(p 値が示された時間経過の比較以外、すべて not significant)

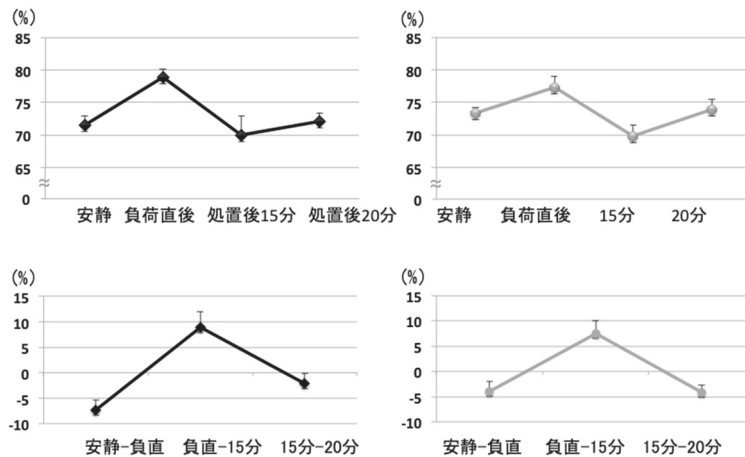


図9. アイシング実施群 (n=10) (左側：黒色線) と非実施群 (n=10) (右側：灰色線) における組織酸素飽和度の推移 (上段) とその変化量 (下段)
(not significant)

IV. 考察

1. 筋硬度 (筋硬度比) 計測

アイシング実施群・非実施群ともに、運動後、24時間後の筋硬度比にいずれも有意な差異を認めなかった (図2, 3, 4)。この結果について、肘関節伸展運動による運動負荷の程度が筋硬度比に影響を与える負荷量でなかったことが考えられる。この理由として、対象者が主観的に感じる筋疲労を訴えた段階で運動実施を終了していたことや今回使用したダンベルの重量が3kgと軽かったことの2点が挙げられる。オールアウトまで実施したことによる十分な疲労状態ではあったもの、設定した運動負荷では、筋線維に微小な損傷を与える負荷量に至らなかったのではないかと考える。また、24時間後における主観的な患部の疲労度 (痛み) の軽減におけるアイシングの効果として、本研究においては統計的有意差は認められなかった (図5)。すなわち、本研究においては Howatson ら (2003)、Sellwood ら (2007) が示した通り、遅発性筋痛の軽減に対してアイシングの効果はない、もしくは低いと考えられる。しかし、本研究においてエラストグラフィで観察した24時間後の筋硬度比においては、2群間に有意差を認める傾向にあり、アイシング実施群の方が筋硬度比が高く、アイシングの実施によって筋肉が軟らかくなった可能性がある (図2)。このことは、アイシングが筋痛の軽減に効果を示している可能性があることを示しており、アイシングの有用性が期待されると考えられる。

また、エラストグラフィの生理学的指標としての妥当性の検討について、簡易筋硬度計の筋硬度との相関は認めなかった (表1)。しかし、エラストグラフィは簡易筋硬度計の筋硬度と比較して、安静時、運動後、24時間後の患部の筋硬度の時間経過を正確に捉えている可能性が高い (図4)。例えば、簡易筋硬度計を用いた測定においては、肘関節伸展運動後において、非実施群の方が筋硬度が高い (筋が硬い) ことが示され、さらには24時間後においては、実施群の方が筋が硬いことを呈していた (図5)。エラストグラフィによる「筋硬度比」と簡易筋硬度計による「筋硬度」は、それぞれの異なった生理学的指標として筋硬度の測定に用いられるべきかもしれない。

2. 血流計測、組織中の酸素飽和度計測

最大血流速度、1回拍出量、分時拍出量、組織中の酸素飽和度のいずれの計測項目においても、アイシング処置、無処置の異なる条件において、各経過時間の値が異なって変動していることが判明した (図6, 7, 8, 9)。このことは血流速度、血流量および組織中の酸素飽和度がアイシング処置によって、異なる影響を受けていることが示唆される。

さらに、アイシング処置、無処置の各処置において計測項目の経過時間の値を群間比較したところ、アイシング実施群は、1回拍出量において負荷直後から処置後20分における血流の低下を有意に認めた(図7上段)。また、アイシング実施群は、分時拍出量において負荷直後から処置後15分、負荷直後から処置後20分における血流の低下を有意に認めた(図8上段)。このことからアイシング処置は血流動態に影響を与えたと考えられる。血流の指標は性別や体格といった個人差による影響が大きいと思われたため、各計測項目間の変化量を比較したところ、分時拍出量においてのみ、処置後の有意な低下を認めた(図8下段)。分時拍出量は、1回拍出量に脈拍数を乗じ算出された値であるため、脈拍の影響が大きい。本研究においては、アイシング実施群および非実施群における負荷直後及び処置直後の脈拍数に、それぞれ2群間の有意差は認められなかった。このことから本研究で認められた分時拍出量の有意な変化は脈拍の影響によるものではなく、アイシングが全身の血流動態に直接影響を与えたことが推測される。しかしながら、アイシングの生理作用には、局所新陳代謝の低下、毛細血管浸透圧の減少、血管収縮とその後の血管拡張、感覚受容器の閾値の上昇、刺激伝達遅延による中枢への感覚インパルス減少、筋紡錘活動の低下などがある(山本ら2001)。本研究においてはアイシングに期待される血管収縮、すなわち有意な血流量の低下は認められたが、一方で処置後20分の測定においては、その後の血管拡張効果を示す血流の増加については、有意差が認められず、また、その傾向すらみられなかった。このことから本研究においては、アイシングには短時間における血管収縮後の拡張効果はないことがいえる。アイシング処置が十分でなかった可能性も示唆されるが、処置後に有意な低下が認められたため処置方法自体の問題についての可能性は極めて低い。しかしながら今回、処置後20分に計測を行い、その後は計測を行っていないため、このことが原因で拡張効果がみられなかった可能性は考えられる。20分後の計測時間外に血流が増加したことも予測されるため、アイシングには血管収縮後の拡張効果はないと確証づけることは難しい。さらに、寒冷刺激による血管拡張作用(Cold Induced Vasodilation: CIVD)は近年さまざまな報告がある(Kenneth L.K. 2001)。CIVDでは処置時間や温度の乱調反応について述べられていることから、長い時間において継続的に計測することが必要であったことも考えられる。これにより血管収縮後の血管拡張効果について明確にすることができるのではないかと。同様に、一時的な炎症の抑制をただけではないか、という疑問についても長い時間において持続的に計測することにより改善でき、より正確な結果が得られるであろう。

本研究における血流動態の変動については、アイシングは血流を有意に下げる傾向にあることが結果として得られたが、今後、さらなる被験者数を増やした解析および測定回数、測定時間を延長した研究デザインの再考も必要である。

V. 結語

統計的な有意差は認められないものの、アイシング処置が運動後24時間の筋硬度に影響を与える可能性が考えられた。また、エラストグラフィと簡易筋硬度計は、負荷量が小さい運動後の筋硬度変化を捉えることが困難であった。一方、血流計測においては、アイシング処置後に有意に1回拍出量、分時拍出量などの血流低下が見られ、筋の炎症の一時的な抑制効果が期待できると思われた。

附記

本研究に参加していただいた被験者の皆様に心より感謝致します。また、本研究は、平成28-29年愛知淑徳大学研究助成(特定課題研究)『アイシング処置が筋組織に及ぼす影響-超音波エラストグラフィ・ドブラ法による評価-(課題番号:16TT19)』の研究支援のもと実施された。

文献

- 岡久雄, 藤原史朗 (1996) 「筋硬度変化による筋疲労の評価」バイオメカニズム学会誌, Vol. 20(4) :185-190
- 加賀谷善教 (2005) 「寒冷療法」理学療法学 32 :265-268
- 木村篤史, 松本和久, 池内隆治 (2007) 「運動負荷後のストレッチングが筋硬度に及ぼす影響」明治鍼灸医学 40 :29-37
- 前野信久, 堀田典生, 建部貴弘 (2013) 「超音波組織エラストグラフィの筋組織への応用 -肩こりにおける筋組織の病変への客観的指標の確立を目指して-」愛知淑徳大学 健康医療科学部 健康医療科学研究 3 :25-33.
- 松原由未子, 栗井瞳, 木村護郎, 今野宏亮, 徳元仁美, 佐々木誠 (2004) 「疲労に至る等尺性運動後の筋硬度回復に対する振動刺激の効果」理学療法科学 19(4) :341-345.
- 沢井史穂, 藤田英二, 福永哲夫 (2017) 「超音波法を用いたヒトの筋硬度の定量的評価 -異なるスポーツ活動を実施している女子大学生の上腕及び大腿の筋硬度比較-」日本女子体育大学紀要 :39-47.
- 山本利春, 吉永孝徳 (2001) 『スポーツアイシング』大修館書店
- Cheung K., Hume P., Maxwell L. (2003) Delayed onset muscle soreness :treatment strategies and performance factors. *Sports.Med.* 33, 145-164.
- Hohenauer E., Taeymans J., Baeyens J.P., Clarys P., Clijisen R.. (2015) The Effect of Post-Exercise Cryotherapy on Recovery Characteristics: A Systematic Review and Meta-Analysis. *PLos One.* 28 ;10(9)
- Howatson G., Van someren K.A. (2003) Ice massage. : Effects on exercise-induced muscle damage. *J. Sports Med. Phys. Fitness.* 43, 500-505.
- Kenneth L. knight 著 魚住廣信 訳 (2001) 『クライオセラピー 理論, テクニック, 生理学』メディカル葵出版
- Sellwood K.L., Brukner P., Williams D., Nicol A., Hinman R.. (2007) Ice-water immersion and delayed-onset muscle soreness: a randomised controlled trial. *Br. J. Sports Med.* Jun ;41(6), 392-397.