

誘発張力と筋症状からみたクーリングダウンの効果

三宅 良輔*・櫻井 忠義**・園田 高一*・荒木 達雄*

(平成8年10月18日受付、平成9年1月23日受理)

Effects of Cooling-down after Muscle Load, Which Were Observed on Electrically Evoked Twitch Force

Ryosuke MIYAKE, Tadayoshi SAKURAI, Koichi SONODA
and Tatsuo ARAKI

The purpose of this study is to observe the effects of cooling-down after muscle load. Ten male subjects performed dynamic heel-raising exercise as muscle load in standing position until exhaustion. Following the muscle load, they were given two treatments as cooling-down. One treatment was stretching on lower limb, another was light dynamic exercise that their ankle was extended and flexed. And as control, they kept quiet without any treatment after the muscle load.

Electrically evoked twitch force was recorded from M. triceps surae before and after muscle load, immediately after cooling-down, 1, 5, 10, 20, 40 minutes after that and following days. Maximum peak tension (PT), time to peak tension (TPT) of evoke twitch force was measured. The muscle soreness and the myosclerosis were investigated by the questionnaires for the subjects after muscle load.

The following results were obtained:

- 1) PT decreased by muscle load tended to recover faster after treatment stretching or light dynamic exercise than in control ($p < 0.05$).
- 2) TPT elongated after muscle load was recovered faster by stretching than by the other treatments ($p < 0.001$).
- 3) It was showed that the muscle soreness ($p < 0.001$) and myosclerosis ($p < 0.01$) were suppressed by performing stretching or light dynamic exercise.

It is suggested that cooling-down was available for diminishing muscle strain and decreasing muscle complaints.

I. 緒言

スポーツ活動における高強度の運動や長時間の運動は、筋力の低下や素早い動作が困難になるなど、筋パフォーマンスの低下に影響を及ぼす^{6, 7, 10, 11, 16, 20, 23}。またこれらの筋負荷運動は、1~2日後に筋痛を発生させたり^{3, 4, 11~13, 15}、筋緊張が亢進し筋硬化を生じさせ^{13, 22}筋の0張りといった自覚症状を引き起す。特に常日頃から激しいトレーニングを積んでいるスポーツ競技者にとって、この低下した筋パフォーマンスを早い段階で回復させ、筋負荷運動後に発生する筋痛を抑制、または筋硬化を和らげることは、重要な課題となる。一般に、主運動により低下した筋パフォーマンスを効果的に回復さ

せるためのクーリングダウンとして短時間でおこなえるストレッチング、マッサージ、軽運動等が実施されている¹⁴。

これまで筋負荷後の筋パフォーマンスの回復に関する研究では、安静に休息しているよりもクーリングダウンをおこなった方が低下した筋パフォーマンスを早期に回復させることが明らかにされている^{2, 8, 9, 14~16, 19, 21~23}。これらのクーリングダウンの効果に関する研究で、筋電図学的についた研究では、中枢神経系を介した筋パフォーマンスの回復を観察したものが多いが、局所の筋機能そのものに、どのような変化が起こっているかを検討することも重要である。

* 日本体育大学運動方法体操研究室, ** 日本体育大学健康科学研究室

そこで本研究では、筋負荷運動後にクーリングダウンとしてストレッチングや軽運動をおこなわせ、これらが筋パフォーマンスの回復にどのような影響を与えるかを、誘発張力および筋症状の両面から検討し、明らかにすることを目的とした。

II. 方 法

A. 被験者

被験者は 22~26 歳の健康な成人男子 10 名で、身長、体重の平均値と標準偏差はそれぞれ 173.7 ± 4.76 cm, 66.4 ± 5.30 kg であった。また、観察部位となった下腿部の最大周径は 36.6 ± 1.93 cm であった。

なお、実験を実施するにあたり、被験者にはあらかじめ実験の内容を説明し同意を得た。

B. 実験手順

本実験のプロトコールを Fig. 1 に示した。

被験者に 5 分間の安静をとらせた後、実験は、まず筋負荷前値として誘発張力の測定をおこなった。その後、片足直立姿勢をとらせて各被験者の体重を負荷とし、立位側足の踵上げ動作の繰り返し運動による筋負荷を与えた。負荷側の踵上げ運動では、できるだけ高く踵を上げるようにして、メトロノームを用いて 30 回/分のペースでおこなわせた。被験者がメトロノームのペースに合わせられなくなる、もしくは踵が上がらなくなったりした時点を

疲労困憊とし、その時点で筋負荷を中止させた。被験者には、この負荷運動を 3 分間の休憩をはさみ、計 3 セットおこなわせた。そして、筋負荷前と同様の手順で筋負荷直後の誘発張力の測定をおこなった。

筋負荷後にストレッチング、軽運動と、コントロールとした下腿を挙上させ安静休ませる計 3 つのクーリングダウン方法からランダムに 1 方法を選択しておこなわせた。クーリングダウン直後、5 分後、10 分後、20 分後、40 分後におこない、追跡調査として実験翌日から 5 日後に渡って、誘発張力の測定を同様におこなった。

実験は同一被験者に 3 方法すべてを実施させ、各実験間はそれぞれ 5 日以上あけることとした。

C. クーリングダウン方法

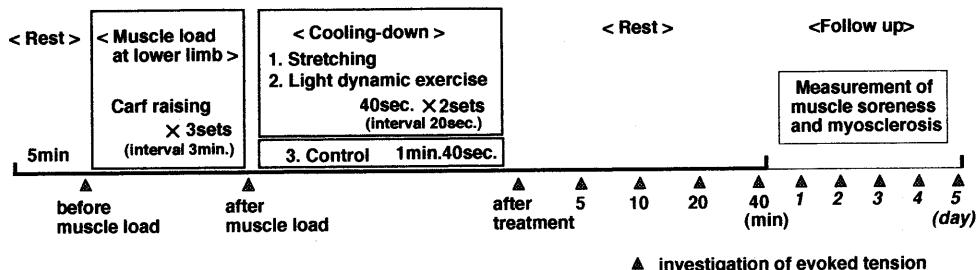
(1) ストレッチング： 25° の傾斜板の上に直立姿勢をとらせ、静的に下腿筋群を伸展させた。

(2) 軽運動：実験台にて椅子座位姿勢をとらせ、足関節を最大可動域で底屈、背屈を繰り返す、軽負荷運動とした。

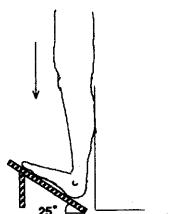
(3) コントロール：実験台上で伏臥姿勢をとらせ下腿を挙上させた。

軽運動、ストレッチングの実施時間は 40 秒間とし、20 秒間の休息をはさみ計 2 セットおこなわせた。コントロールは他の 2 方法と同時間休息させた。

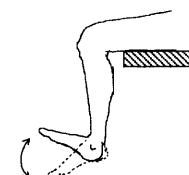
< Experimental protocols >



< Cooling-down >



1. Stretching



2. Light dynamic exercise



3. Control

Fig. 1. Experimental protocols and cooling-down procedures.

D. 測定項目および測定手順

本実験のダイアグラムを Fig. 2 に示した。

(1) 誘発張力 (Evoked Tension)

測定時はベッドの上に伏臥姿勢をとらせ、自然な足関節角度になるように、被験肢を足関節角度 10°で底屈させ、さらに体幹部と足部をベルトで固定した。

電気刺激により誘発される足の底屈反射は、被験者の足底部にロードセルタイプの張力センサー (TEAC; TC-SR5) によって誘発単収縮張力として検出した。足底部の張力センサーの信号は、張力測定装置 (TEAC; TD-50) で増幅後、A/D 変換器 (カノーピス電子; ANALOG-PRO II) を介してコンピューター (NEC; PC-9801Ne) にオンラインで取り込んだ。電気刺激は刺激装置 (日本光電; SEM-4201) にて、下腿三頭筋の支配神経である脛骨神経に、膝窩部において経皮的におこなった。刺激電圧は各被験者の最大 M 波振幅が得られる最大上刺激の強度 (平均 93.0V) で、矩形波状電圧の持続時間を 1.0 msec に設定し、2 秒間隔で 3 回の単発刺激を用いた。

誘発単収縮張力の観察項目として、1. 最大の単収縮張力 (Peak Tension; PT), 2. 張力の立ち上がりから最大になるまでの収縮時間 (Time to Peak Tension; TPT) の 2 項目を計測した (Fig. 3)。PT, TPT の分析は、波形信号処理プログラム (竹井機器; A/D ボード入力・処理プログラム Ver. 1.5A) にておこなった。

また、誘発張力は筋温の影響を大きく受けることから実験中は室温を 25°C に保つようにした。

(2) 筋痛 (muscle soreness) および筋の張り (myosclerosis)

被験者に、負荷運動後の自覚的な筋痛と筋の張りを、その範囲と程度について質問紙 (資料 1) により実験終了時、実験 12 時間後、実験日から 1 日後、2 日後、3 日後、4 日後、5 日後に記載させた。

(3) 統計処理

本実験での統計処理は、誘発張力、自覚調査の結果とともに分散分析法を用いた。

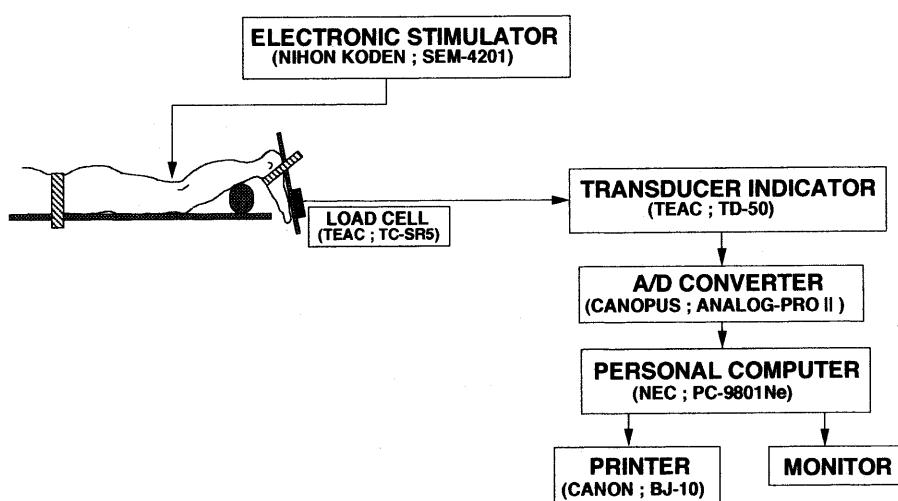


Fig. 2. Block diagram of the experiment.

Evoked tension

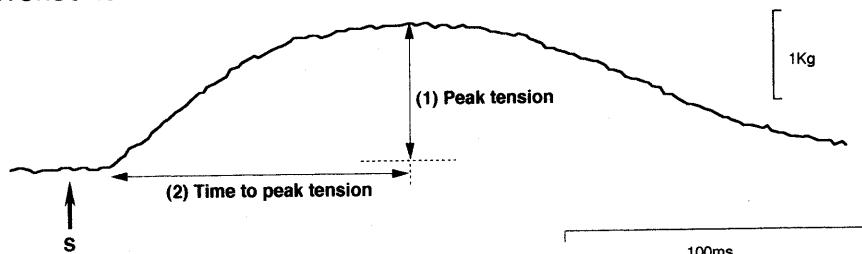


Fig. 3. Parameters on the experiment.

資料1 筋痛および筋の張りにおける自覚調査用紙

記入時間に○をつけて下さい

・ 氏名 _____

・ 今回のクーリングダウンの種類

1. 無処方
2. ストレッチング
3. 軽運動

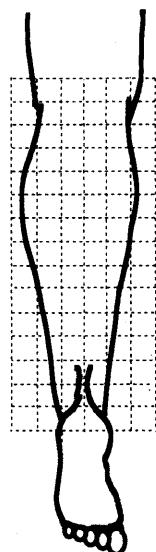
- ・ 実験終了直後
- ・ 12時間後（就寝前）
- ・ 1日後
- ・ 2日後
- ・ 3日後
- ・ 4日後
- ・ 5日後

Q1-1. 筋肉の痛みはありますか

ある · ない

※あると答えた方

その範囲を塗りつぶして下さい

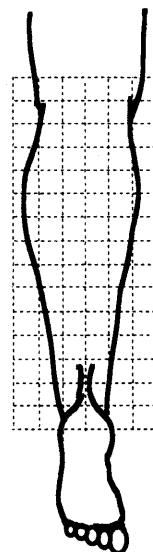


Q2-1. 筋肉の張りはありますか

ある · ない

※あると答えた方

その範囲を塗りつぶして下さい

Q1-2. 筋の痛みについてなにか感じたこと
また、変化したことを書いて下さい
Q2-2. 筋の張りについてなにか感じたこと
また、変化したことを書いて下さい

III. 結 果

A. 負荷運動

本実験で負荷運動としておこなわせた、片足踵上げ運

動の最大努力回数(3セット合計回数)は、110~369回であった。負荷運動は比体重の軽い者、下腿部の最大周囲径の大きい者に回数が多くみられ、各被験者間の踵上

げ運動の最大努力回数との関連は、比体重 ($r=0.530$) より下腿部の最大周囲径 ($r=0.438$) に高くみられた。

B. 誘発張力

(1) 最大単収縮張力 (Peak Tension: PT)

Fig. 4 に、筋負荷前の最大張力を 100%とした時の、筋負荷後の回復過程を変化率で示した。最大張力は負荷運動により、筋負荷直後に約 67% の低下を示した。コントロール群において、筋負荷直後から 40 分後まで顕著な PT の変化はみられなかったが、ストレッチング群、軽運動群の両群においては早期に回復傾向がみられた ($F(2, 8)=6.77, p<0.05$)。特に軽運動群ではクーリングダウン後 5 分までに、ストレッチング群では 10 分までの、早い段階で最大張力が回復し始めることが観察された。またクーリングダウン後 1 日目では、ストレッチング群、軽運動群で筋負荷前のレベルまで回復がみられたが、コントロール群においては筋負荷前のレベルにまで回復するのはクーリングダウン後 2 日目となった。

(2) 筋収縮時間 (Contraction Time: TPT)

Fig. 5 に、筋負荷前の張力の立ち上がりから最大張力になるまでの筋収縮時間を 100%とした時の、筋負荷後の回復過程を変化率で示した。筋負荷直後に筋収縮時間

約 26% の遅延が観察され、軽運動群とコントロール群では、筋負荷直後からクーリングダウン 40 分後に至るまで筋収縮時間の顕著な回復はみられなかった。また、この両群はほぼ同じ様な筋収縮時間の回復曲線を描いた。しかし、ストレッチング群においては、クーリングダウン直後に約 17% の急激な回復がみられ、さらに 40 分後にはほぼ筋負荷前のレベル近くまで回復し、クーリングダウン後 1 日目に筋負荷前レベルに回復した ($F(2, 8)=260.73, p<0.001$)。しかし、軽運動群、コントロール群においては、クーリングダウン後 1 日目においても筋負荷前のレベルにまでは戻らなかったことが観察された。

C. 遅発性筋痛および筋の張り

実験終了後から実験後 5 日目までの観察部位における遅発性筋痛および筋の張りの自覚的な範囲を、質問紙を用いて調査し、結果を Fig. 6-1, 6-2 に示した。

(1) 遅発性筋痛

遅発性筋痛の発生状況の経時的な変化をみると (Fig. 6-1), 3 群とも実験後 1 日目から実験後 4 日目にわたり広範囲での遅発性筋痛の出現がみられたが、実験後 1 日目および実験後 2 日目に、遅発性筋痛は最も広い範囲で

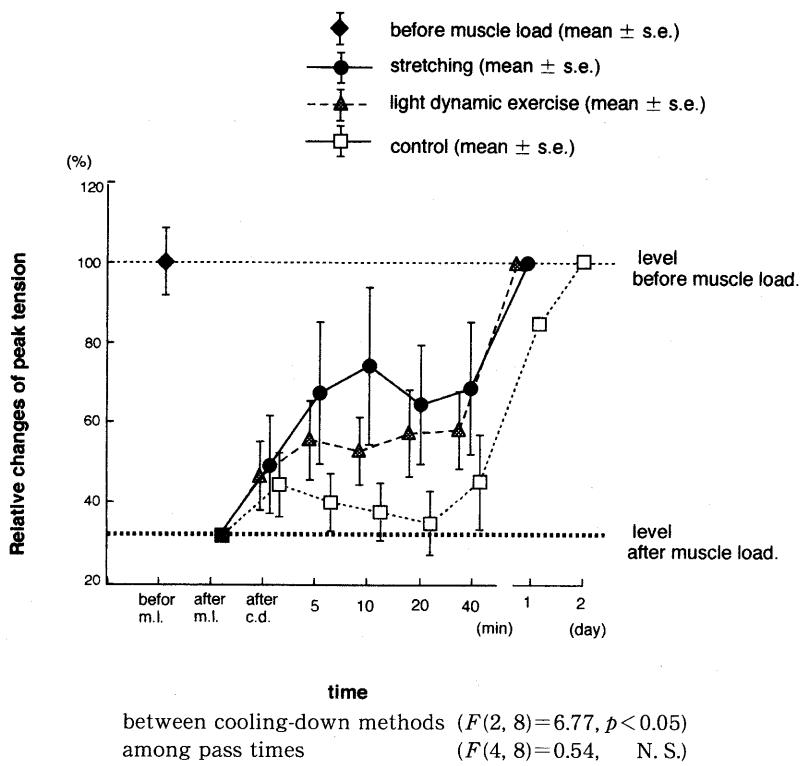


Fig. 4. Relative changes of peak tension after muscle load.

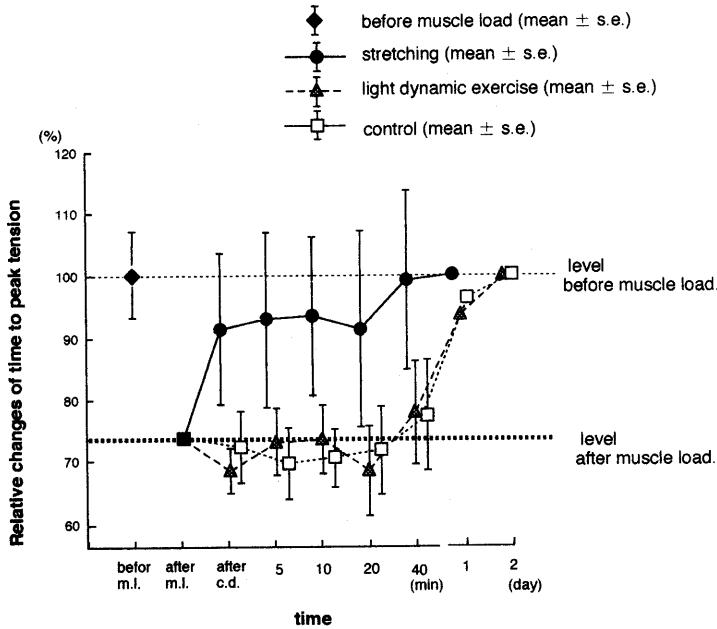


Fig. 5. Relative changes of time to peak tension after muscle load.

出現したことが観察された ($F(6,12)=31.96, p<0.001$)。また、ストレッチング群、軽運動群、コントロール群で遅発性筋痛の発生に違いがみられた ($F(2, 12)=14.17, p<0.001$)。遅発性筋痛は、ストレッチング群で、実験後 1 日目から実験後 4 日目まで 8.0~13.5 ポイントの範囲で出現し、軽運動群では実験後 1 日目から実験後 3 日目に 7.7~12.6 ポイントの範囲で出現した。この 2 群に対してコントロール群では、実験後 2 日目に最高値である 20.1 ポイントの遅発性筋痛の出現が観察され、さらにコントロール群では、実験終了時から実験後 5 日目までの測定時にも、3 群中で最も遅発性筋痛が広範囲で発生したことが観察された。

(2) 筋の張り

筋負荷後に発生する筋の張りを経時的に観察すると (Fig. 6-2), 筋の張りは軽運動群とコントロール群で、実験後 1 日目に約 12 ポイント、実験後 2 日目に約 11 ポイントと広範囲での発生が認められた ($F(6, 12)=10.82, p<0.001$)。また群別に観察すると、筋負荷後の筋の張りの発生状況に違いがみられ ($F(6, 12)=10.82, p<0.001$)、コントロール群は実験直後から実験後 4 日までの長期に渡り、広範囲の筋の張りの発生が認められたのに対して、ストレッチング群は実験後 3 日目に認められた 7.8 ポイントが最高値で、他の 2 群と比較し、筋の張り

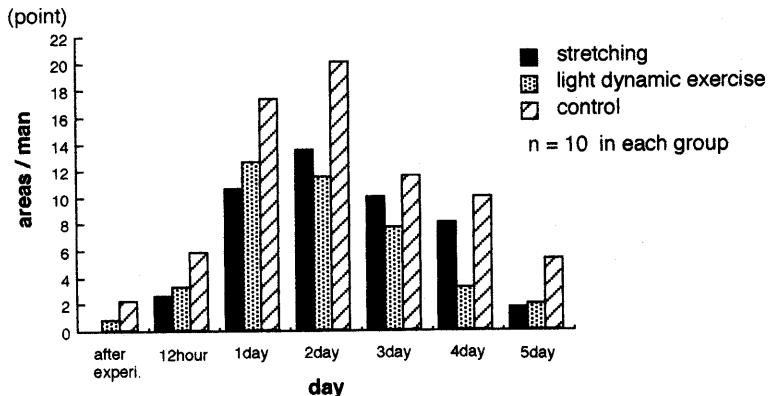
が広範囲で発生するのを抑えた。また、軽運動群は実験 12 時間後から実験後 2 日目に広範囲での筋の張りがみられたが、実験後 3 日目以降には筋の張りの範囲は低値を示し、他の 2 群と比較し、早期に筋の張りの発生範囲が狭範囲となったことが認められた。

IV. 考 察

A. 誘発張力からみたクーリングダウンの効果

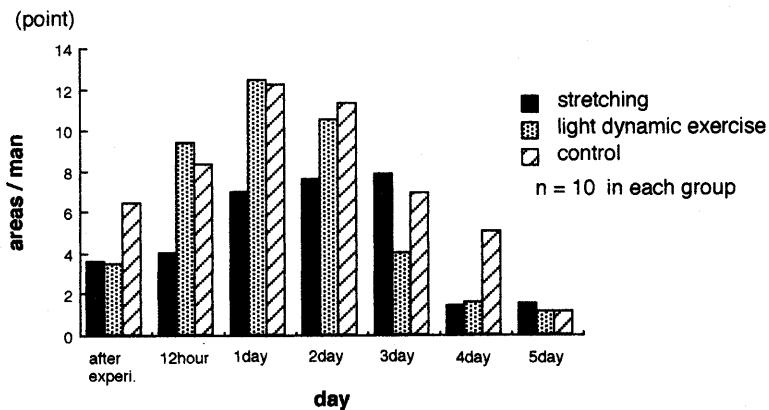
局所レベルにおける筋負荷後の筋パフォーマンス低下の主な原因は筋中に疲労物質が蓄積することが考えられる^{6~8, 10)}。本実験で施行した筋負荷は 1 セット平均約 2 分程度で疲労困憊に至る強度であり、この強度の筋負荷は筋中の疲労物質を急激に上昇させたことが考えられる^{6, 7)}。低下した筋パフォーマンスを早い段階で回復させるためには、この筋負荷により濃度が高まった筋中の疲労物質の除去を促進させることが考えられる。

筋負荷後の PT の回復過程は、筋負荷直後からクーリングダウン 40 分後まで PT の顕著な回復がみられなかったコントロール群に対して、ストレッチング群、軽運動群のクーリングダウン両群において回復傾向がみられたのは、ストレッチングと軽運動が、局所の筋血流を改善させたことが考えられる。福永ら⁵⁾は、40 秒間のストレッチング後の血流量は安静時の血流量の約 3 倍以上まで増加する傾向がみられたことを報告している。ま



between cooling-down methods ($F(6, 12)=14.17, p<0.001$)
among pass times ($F(8, 12)=31.96, p<0.001$)

Fig. 6-1. Changes of muscle soreness after muscle load.



between cooling-down methods ($F(2, 12)=3.57, p<0.01$)
among pass times ($F(6, 12)=10.82, p<0.001$)

Fig. 6-2. Changes of myosclerosis after muscle load.

た、西保らの筋ポンプ作用に関する一連の研究^{17, 18)}では、下肢における25~50ワットのような軽い自転車運動や収縮強度20kg重以上の足関節底屈運動による繰り返し筋収縮が、下半身陰圧負荷によって生じさせた静脈還流阻害を筋ポンプ作用により改善し、下腿血流量を増加させる傾向があったと報告している。本実験では下腿部血流の測定はおこなっていないが、筋負荷後の40秒間×2セットのストレッチングと筋ポンプ作用を利用した軽運動が、積極的に局所の筋血流量を増加させ、筋負荷により濃度が高まった筋中の疲労物質の除去を促進させたことが上記の先行研究より推察できる。

B. 自覚症状からみたクーリングダウンの効果

スポーツ活動の現場では、慣れない運動をおこなった

後や激しいトレーニング後に遅発性筋痛や筋が張るなどの自覚症状が現れる。

本研究でも、筋負荷後の遅発性筋痛と筋の張りの発生状況を質問紙により調査した結果、自覚症状として遅発性筋痛と筋の張りの発生が認められた。遅発性筋痛は、コントロール群で特に実験後1日目と実験後2日目において広範囲での発生がみられたのに対して、ストレッチング群、軽運動群では遅発性筋痛が広範囲で発生するのを抑え、遅発性筋痛の抑制にもストレッチングと軽運動が有効であった。また筋の張りについてもコントロール群と比較して、両クーリングダウン群で、筋の張りを抑制する有効性が認められた。ストレッチングによる筋の張りの発生は、実験直後から実験後2日目までに早い

段階で発生範囲を狭範囲に抑えたことや軽運動による筋の張りの発生は、実験後3日目から、他の2群と比較して発生範囲を抑えたことが示唆された。

本実験で誘発張力にて観察された筋パフォーマンスの回復傾向と、遅発性筋痛と筋の張りによる自覚症状の発生を併せて考察してみると、筋機能的には、筋負荷により低下した最大単収縮張力、筋収縮時間の筋パフォーマンスは、3群中最も回復が遅かったコントロール群でさえ、クーリングダウン後2日目には筋負荷前レベルにまで回復した。これに対して、自覚症状に現れる遅発性筋痛と筋の張りでは、実験後1日目および実験後2日目で最も広範囲での発生が認められ、筋負荷後すぐに現れる筋機能のパフォーマンス低下時期と、筋負荷後1日目から2日目に自覚症状として現れる遅発性筋痛や筋の張りの発生時期とではズレがあることが観察された。さらに、筋機能の低下と自覚症状の発生状況の関連性について検討したところ、以下のことが推察された。

実験後2日目までには、ストレッチング群、軽運動群、コントロール群の3群ともに誘発張力の筋パフォーマンスは筋負荷前のレベルにまで回復していた。しかし、ストレッチングと軽運動が、実験後2日目以降の遅発性筋痛と筋の張りの発生を抑制したことは、筋負荷後直ちに実施した積極的なクーリングダウンのストレッチングや軽運動が、筋負荷後に数日間現れる遅発性筋痛や筋の張りの自覚症状にも影響を及ぼしたと考えられる。すなわち、筋負荷直後に実施したクーリングダウンは、1日から2日で筋機能を改善し、筋パフォーマンスを回復させ、この筋機能の改善や筋パフォーマンスの回復がさらに遅れて発生する遅発性筋痛や筋の張りを抑制する効果を与えることが推察された。

C. クーリングダウンの有効性の検討

本研究にて、筋負荷後に実施するクーリングダウンが、局所の筋血流量を増加させ、低下した筋パフォーマンスを早期に改善させたことが示唆された。また、自覚症状の観察では、筋負荷後1日目から2日目に遅発性筋痛と筋の張りが広範囲で発生したことが認められた。筋負荷を与えた直後に、局所レベルの筋機能は阻害を受け、筋パフォーマンスは低下するが、筋負荷直後に遅発性筋痛や筋の張りの自覚症状は、顕著にはみられない。筋負荷後に遅れて現れる遅発性筋痛や筋の張りは、筋機能の改善が効果を及ぼすと推察されたことから、自覚症状が現れてからのクーリングダウンでは遅いと考えられる。したがって、本実験の結果よりクーリングダウンは筋負荷直後に実施されることが好ましく、筋負荷直後のクーリングダウンが、低下した筋パフォーマンスの回復

および遅発性筋痛や筋の張りなどの自覚症状の軽減に有效地に働きかけることが示唆された。

筋に負荷を与えたその日のうちに筋機能を効果的に改善させ、翌日までにその影響を残さないことや、筋痛や筋の張りなどの自覚的症状を軽減させることは、特に長期にわたる部活動の合宿など、連日筋に負荷を加えるような場合に重要であると考えられる。また1日に何度も試合を行うような競技では、少しでも早く筋パフォーマンスを回復させる必要があるため同様のことがいえる。

のことから、スポーツ活動における現場の指導者は、クーリングダウンの重要性を認識し、積極的に主運動直後のクーリングダウンを取り入れていくべきであると考えられる。

V. 結論

本研究では電気刺激による誘発張力をパラメータとして、短時間かつ簡易的なストレッチングと軽運動が、筋負荷によって低下した筋パフォーマンスの回復にどのような効果を与えているかを検討し、以下のことが示唆された。

1. ストレッチング群と軽運動群で、筋負荷後に低下した最大単収縮張力の回復傾向がみられた($p < 0.05$)。
2. ストレッチング群で筋収縮時間の早期の回復傾向が認められた($p < 0.001$)。
3. コントロール群は、3セットの疲労回復までの片足踵上げ運動の負荷運動により低下した最大単収縮張力、筋収縮時間の筋パフォーマンスを、1日後までに運動前のレベルにまで回復させられなかった。
4. ストレッチング群と軽運動群はコントロール群に比べて、遅発性筋痛($p < 0.001$)と筋の張り($p < 0.01$)が広範囲で発生するのを抑制した。
5. 筋負荷直後に実施したクーリングダウンは、1日から2日で筋機能を改善し、筋パフォーマンスを回復させ、このことがさらに遅れて発生する遅発性筋痛や筋の張りを抑制する効果を与えた。
6. クーリングダウンは筋負荷直後に実施するのが好ましく、筋パフォーマンスの回復、遅発性筋痛や筋の張りの抑制に対して効果的である。

参考文献

- 1) Armstrong, B., Duan, C., Delp, M. D., Hayes, D. A., Glenn, G. M. and Allen, G. D. (1994): Eleva-

- tions in soleus muscle [Ca^{2+}] with passive stretch, *Journal of Applied Physiology*, **74**(6), 2990–2997.
- 2) Balnave, C. D. and Thompson, M. W. (1993): Effect of training on eccentric exercise-induced muscle damage, *Journal of Applied Physiology*, **75**(4), 27–33.
- 3) Bangsbo, J., Graham, T., Johansen, L. and Saltin, B. (1994): Muscle lactate metabolism in recovery from intense exhaustive exercise—Impact of light exercise—, *Journal of Applied Physiology*, **77**(4), 1890–1895.
- 4) DeVries, H. A. (1966): Quantitative electromyographic investigation of the spasm theory of muscle pain, *American Journal of Physical Medicine*, **45**(3), 119–134.
- 5) 福永哲夫, 矢田秀昭(1983): ストレッチ運動における血流量変化, *デサントスポーツ科学*, **4**, 192–195.
- 6) 広田公一(1982): 急性疲労と慢性疲労, *体育の科学*, **32**(8), 556–558.
- 7) 堀田朋基(1982): 筋疲労と筋のエネルギー源, *体育の科学*, **32**(8), 584–587.
- 8) 石田浩司, 高石鉄雄, 宮村実晴(1992): 筋疲労回復にはどのような方法が効果的か?, *デサントスポーツ科学*, **13**, 176–183.
- 9) Ishida, K., Moritani, T., Muro, M. and Itoh, K. (1990): Changes in voluntary and electrically induced contractions during strength training and detraining, *European Journal of Applied Physiology*, **60**, 244–248.
- 10) 片山憲史, 田中忠蔵, 西川弘恭, 平澤泰介(1994): 筋疲労, *体力科学*, **43**, 309–317.
- 11) 真野行生(1994): 筋疲労について, *Jpn. J. Rehabilitation Med.*, **31**(9), 622–626.
- 12) 森谷敏夫, 石田浩司, 田口貞善(1987): ストレッチングによる筋痛の生理学的効果に関する電気生理学的解明, *デサントスポーツ科学*, **8**, 212–219.
- 13) 室 増男(1990): 筋疲労と遅発性筋痛の発生機序, *ヒューマンサイエンス*, **4**(1), 68–73.
- 14) 永田 昶(1987): 障害予防のためのウォームアップとクールダウンの意義, *臨床スポーツ医学*, **4**(11), 1226–1234.
- 15) 永田 昶, 杉本英夫, 関 利明, 古賀良生, 中村 尚(1986): 運動性筋疲労回復のためのストレッチングの効果, *整形外科スポーツ医学会誌*, **5**, 193–197.
- 16) 永田 昶(1984): ストレッチング運動の神経・筋機能のメカニズム, *新潟体育学研究*, **3**, 9–16.
- 17) 西 保岳, 池上晴夫(1985): 筋ポンプが血液循環動態に及ぼす影響, *体力科学*, **34**, 167–175.
- 18) 西 保岳, 姜 熙成, 池上晴夫(1985): 筋ポンプが血液循環動態に及ぼす影響(第2報), *体力科学*, **34**, 284–293.
- 19) 太田 黙, 乾 公美(1990): ストレッチングの生理学, *理学療法*, **7**(5), 321–326.
- 20) 矢部京之助(1990): 筋疲労の神経機構, *体育の科学*, **40**(5), 365–371.
- 21) 山本正嘉, 山本利春(1993): 激運動後のストレッチング, マッサージ, 軽運動, ホットパックが疲労回復におよぼす効果—作業能力および血中乳酸の回復を指標として—, *体力科学*, **42**, 351–361.
- 22) 山本利春(1990): スポーツとストレッチング, *理学療法*, **7**(5), 351–361.
- 23) 山下敏彦, 三名木泰彦, 石井清一, 成田寛志, 太田 黙(1993): ストレッチングの有効性に関する基礎的研究, *Jpn. J. Sports Sci.*, **12**(12), 785–790.