

原 著

## 温熱負荷によるラット骨格筋の廃用性筋萎縮の進行抑制効果について\*

片岡英樹<sup>1)</sup> 沖田 実<sup>2)</sup> 中居和代<sup>3)</sup>  
 豊田紀香<sup>3)</sup> 吉川紗智<sup>1)</sup> 渡部由香<sup>3)</sup>  
 中野治郎<sup>4)</sup>

### 要旨

本研究では、温熱負荷によるラットヒラメ筋、長趾伸筋の廃用性筋萎縮の進行抑制効果を検討した。7週齢のWistar系雄ラット21匹を対照群5匹と実験群16匹に分け、実験群の内5匹は温熱負荷のみとし(Heat群)、残りの11匹は1週間の後肢懸垂(HS)によって筋萎縮を惹起させ、HSのみの群(HS群)5匹とHSの過程で温熱を負荷する群(HS&Heat群)6匹に分けた。温熱負荷は麻酔下で毎日60分間(1週間)、約42℃の温水に後肢を浸漬する方法で行った。HS&Heat群は両筋とも筋湿重量、相対重量比、タイプI・II A線維の筋線維直径、ならびにHeat shock protein 70(Hsp70)含有量がHS群より有意に高値で、長趾伸筋のタイプII B線維の筋線維直径はHS群との間に有意差を認めなかった。したがって、温熱負荷はタイプI・II A線維の筋線維萎縮の進行抑制に効果があり、これはHsp70の発現が影響していると考えられる。

キーワード 温熱負荷、廃用性筋萎縮、Heat shock protein 70

### はじめに

寝たきりやギプス固定といった骨格筋の不動状態により引き起こされる廃用性筋萎縮は、身体活動低下や微小重力環境に対する細胞適応であり<sup>1)</sup>、その初期段階にはタンパク質の合成が低下し、その後はタンパク質の分解が亢進することによって起こるといわれている<sup>2)</sup>。そして、タンパク質の合成低下はアミノ酸の新生ポリペプチド鎖の伸張と正しい折り畳みを介助する分子シャペロンであるHeat shock protein 70(以下、Hsp70)の減少と、これに伴う新生ポリペプチド鎖の伸張遅延が影響してお

り<sup>3)4)</sup>、加えて、不動状態によりタンパク質が酸化ストレスを受け、分解されやすい状態になることがタンパク質の分解亢進につながるとされている<sup>5)6)</sup>。

一方、物理療法の基本的要素の一つである温熱刺激は、古くから疼痛や筋緊張の緩和、末梢循環の改善などを目的に臨床で広く用いられてきた手段であるが、近年は廃用性筋萎縮の予防にも有効であることが報告され<sup>7)8)</sup>、温熱療法の新たな効果が注目されている。そして、この作用機序には筋細胞内に存在するHsp70が関与するとされ、温熱負荷によってHsp70を多量に発現させ得れば、分子シャペロン機能や損傷タンパク質の修復機能の促進につながり、筋萎縮進行時にみられるタンパク質の合成低下とその分解亢進を抑制できると考えられている<sup>7)8)</sup>。ただ、筋細胞内に潜在的に存在するHsp70は速筋線維より遅筋線維に多く、酸化能力のある遅筋線維の生理的役割に関与しているとされるが<sup>9)</sup>、その一方で、運動負荷に伴うHsp70の発現は遅筋線維よりも速筋線維に顕著であると報告されている<sup>10)</sup>。つまり、これらの報告を参考にすると温熱負荷によるHsp70の発現も遅筋線維と速筋線維では異なることが予想され、これが影響し、遅筋・速筋線維に対する廃用性筋萎縮の予防効果も異なる可能性がある。しかし、われわれが知る限り

\* Effects of Heat Stress on Prevention of Disuse Muscle Atrophy in Rat Skeletal Muscle

1) 長崎記念病院リハビリテーション部  
 (〒851-0301 長崎県長崎市深堀町1-11-54)  
 Hideki Kataoka, RPT, Sachi Yoshikawa, RPT: Department of Rehabilitation, Nagasaki Memorial Hospital  
 2) 星城大学リハビリテーション学部リハビリテーション学科  
 Minoru Okita, RPT: Faculty of Care and Rehabilitation, Seijoh University  
 3) 長崎北病院総合リハビリテーション部  
 Kazuyo Nakai, RPT, Norika Toyoda, RPT, Yuka Watanabe, RPT:  
 Department of Rehabilitation, Nagasaki KITA Hospital  
 4) 長崎大学医学部保健学科  
 Jiro Nakano, RPT: Nagasaki University, School of Health Sciences  
 (受付日 2004年1月21日 受理日 2004年6月5日)

ではこの点を検討した報告はこれまでにない。

そこで本研究では、ラット骨格筋の廃用性筋萎縮の進行過程で温熱負荷を行い、遅筋線維が約80%を占めるヒラメ筋と速筋線維が約90%を占める長趾伸筋<sup>11)</sup>に対する影響を明らかにすることを目的とした。

### 実験1

今回行う温熱負荷の方法で、筋内温度がどの程度変化するかを把握する目的で以下の実験を行った。なお、実験1、ならびに後述する実験2ともに長崎大学動物実験委員会に実験計画書を提出し、承認を受けた後に同委員会が定める動物実験指針に準じ、長崎大学先端生命科学研究所比較動物医学分野(旧動物実験施設)で実施した。

#### 1. 実験動物

実験動物は7週齢のWistar系雄ラット5匹で、以下の方法で温熱負荷を行い、その際の下腿三頭筋の筋内温度の変化を測定した。

#### 2. 温熱負荷の方法

各ラットに対しては、腹腔内にペントバルビタールナトリウム(40 mg/kg)を投与し、麻酔を行った。そして、沖田らの報告<sup>8)</sup>と同様に、約42℃に設定した温水浴内に60分間、ラットの後肢全体を浸漬することで温熱負荷を行った。

#### 3. 筋内温度の測定方法

ニードル型温度センサーを下腿後面のほぼ中央部に挿入し、脛骨の直上で留置した。そして、温熱負荷前と負荷中の60分間、ならびに負荷後の60分間の下腿三頭筋の筋内温度の変化を10分間隔で熱電対温度計(PTC-301, UNIQUE MEDICAL社)を用い、測定した。

### 実験2

温熱負荷によるラット骨格筋の廃用性筋萎縮の進行抑制効果を検討する目的で以下の実験を行った。

#### 1. 実験動物

実験動物は7週齢のWistar系雄ラット21匹で、これらが無作為に対照群(以下、Control群)5匹と実験群16匹に振り分けた。そして、実験群の内5匹は温熱負荷のみを行い(以下、Heat群)、残りの11匹は廃用性筋萎縮を惹起させる目的で1週間、後肢懸垂法(Hindlimb suspension; 以下、HS)を行うとともに、HSのみの群(以下、HS群)5匹とHSの過程で温熱を負荷する群(以下、HS&Heat群)6匹に振り分けた。

今回のHSは沖田らの報告<sup>8)</sup>と同様にラットに自製の

ジャケットを着用させ、このジャケットの背側骨盤部を上方に吊り上げることで後肢を懸垂・無荷重状態とした。なお、HS後もラットは前肢にて飼育ケージ内を移動でき、水と餌は自由摂取とした。

一方、温熱負荷の方法は、実験1と同様であり、ペントバルビタールナトリウム(40 mg/kg)の腹腔内投与によって麻酔したHeat群、HS&Heat群の各ラットの後肢に対し、1週間の実験期間中毎日60分間、温熱負荷を行った。また、麻酔による成長不良などの影響を考慮し、Control群、HS群にも同期間、同頻度で麻酔のみを行った。

#### 2. 試料採取

実験最終日の温熱負荷の約24時間後に各ラットの腹腔内にペントバルビタールナトリウム(40 mg/kg)を投与し、麻酔を行った。そして、両側のヒラメ筋と長趾伸筋を採取し、電子天秤で筋湿重量を測定した後に、以下の検索に供した。

#### 3. 組織化学的検索

右側の筋試料は、その中央部で二分割し、トラガントガムに包埋後、液体窒素で冷却したイソペンタン液内で急速凍結した。そして、クリオスタットを用いて6 μm厚の連続横断切片を作製し、酸性前処置(pH 4.2, 4.5)、ならびにアルカリ前処置(pH 10.5)によるATPase染色を施し、ヒラメ筋をタイプI・II A線維に、長趾伸筋をタイプI・II A・II B線維に分別した。なお、今回の検索においてはヒラメ筋にはタイプII B線維は認められず、一部タイプII C線維を認めたが、その構成比率は全体の5%未満であったため検索対象からは除外した。

定量解析として、ATPase染色像は顕微鏡用デジタルカメラ(FUJI FILM HC-300Z)で撮影し、パソコン(Apple Power Macintosh 8500/180)に取り込んだ。そして、画像解析ソフト(NIH Image Ver 1.62)を用い、各タイプの筋線維直径を1筋につき各々100本以上計測した。

#### 4. 生化学的検索

左側の筋試料は、その中央部から約5 mm<sup>2</sup>を切り出し、この試料にトリス緩衝液(10 mM Tris, 10 mM NaCl, 0.1 mM EDTA, pH 7.6)を加え、ホモジネートした。ホモジネート後は、4℃に設定した冷却遠心分離器を用い、遠心加速度12000 gの条件で15分間遠心分離を行い、上清液を回収した<sup>7)10)</sup>。そして、上清液を試料とし、Enzyme-linked immunosorbent assay(以下、ELISA)法(Hsp70 ELISAキット, Stressgen社)で試料中のHsp70含有量を測定した。なお、ELISA法で

検出されたHsp70含有量は試料内の総タンパク質量に依存するため、Bradford法で試料中の総タンパク質量を測定し、総タンパク質量あたりのHsp70含有量を求め、これを今回のパラメータとした。

## 5. 統計処理

筋湿重量、筋湿重量を体重で除した相対重量比、各タイプの筋線維直径、ならびにHsp70含有量を各群で比較するため一元配置分散分析（以下、ANOVA）を適用し、有意差を判定した。そして、ANOVAにて有意差を認めた場合には、多重比較検定にFisherのPLSD法を適用し、2群間の有意差を判定した。なお、すべての統計手法とも有意水準は5%未満とした。

## 結 果

### 1. 下腿三頭筋の筋内温度の変化（図1）

実験1の結果として、温熱負荷前の筋内温度は平均で33.1℃であったが、温熱負荷を開始すると急激に上昇し、20分後には40.0℃に達した。そして、その後も緩やか

に上昇し、60分後には41.3℃となった。また、温熱負荷後は急激に下降し、60分後には28.1℃となった。

### 2. 筋湿重量、相対重量比の変化（表1）

各群のヒラメ筋の筋湿重量の平均値は、Control群が108.8 mg、Heat群が89.7 mg、HS群が61.7 mg、HS&Heat群が72.2 mgであり、相対重量比のそれはControl群が0.44、Heat群が0.43、HS群が0.34、HS&Heat群が0.39であった。そして、HS群の筋湿重量、ならびに相対重量比はともにControl群より有意に低値で、HS&Heat群のそれはHS群より有意に高値を示した。

長趾伸筋の筋湿重量の平均値は、Control群が102.2 mg、Heat群が90.0 mg、HS群が79.7 mg、HS&Heat群が85.7 mgであり、相対重量比の平均値はControl群が0.42、Heat群が0.43、HS群が0.44、HS&Heat群が0.47であった。そして、HS&Heat群の筋湿重量、ならびに相対重量比はともにHS群より有意に高値を示した。

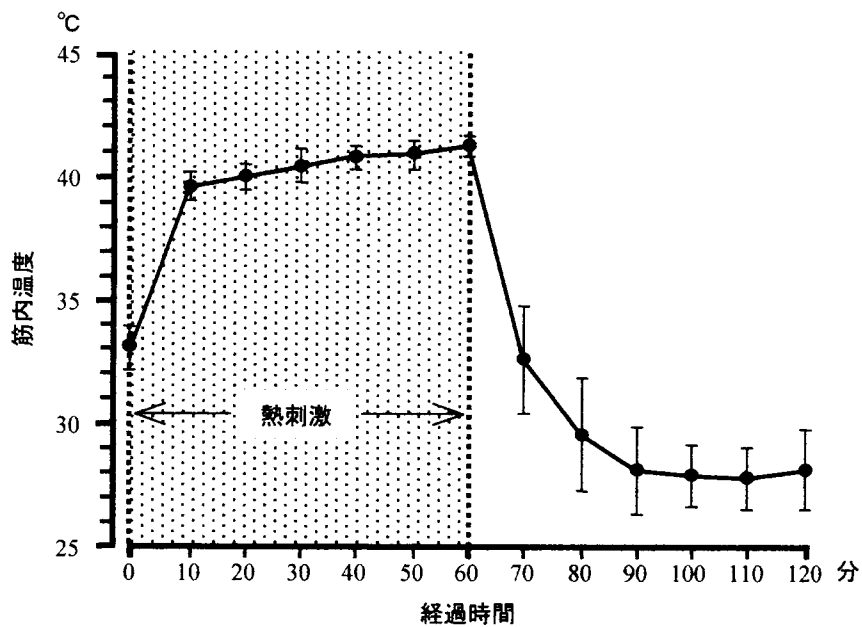


図1 下腿三頭筋の筋内温度の変化

表1 筋湿重量と相対重量比の変化

	Control群	Heat群	HS群	HS&Heat群
<b>ヒラメ筋</b>				
筋湿重量 (mg)	108.8 ± 10.5	89.7 ± 7.7	61.7 ± 7.7 <sup>a, b</sup>	72.2 ± 7.0 <sup>a, c</sup>
相対重量比 (mg/g)	0.44 ± 0.03	0.43 ± 0.03	0.34 ± 0.06 <sup>a, b</sup>	0.39 ± 0.05 <sup>a, c</sup>
<b>長趾伸筋</b>				
筋湿重量 (mg)	102.2 ± 4.8	90.0 ± 7.7	79.7 ± 8.1 <sup>a, b</sup>	85.7 ± 5.0 <sup>a, c</sup>
相対重量比 (mg/g)	0.42 ± 0.02	0.43 ± 0.02	0.44 ± 0.04	0.47 ± 0.04 <sup>a, c</sup>

平均値 ± 標準偏差.

<sup>a</sup>: Control群との有意差. <sup>b</sup>: Heat群との有意差. <sup>c</sup>: HS群との有意差.

## 3. 筋線維直径の変化 (表2)

各群のヒラメ筋の平均筋線維直径を比較すると、タイプ I・II A 線維とも HS 群は Control 群や Heat 群より有意に低値であった。また、HS&Heat 群のそれは HS 群より有意に高値を示した。

次に、各群の長趾伸筋の平均筋線維直径を比較すると、タイプ I・II A 線維は HS 群と Control 群の間に有意差を認めなかったが、タイプ II B 線維は HS 群が Control 群より有意に低値を示した。また、HS&Heat 群と HS 群を比較すると、タイプ I・II A 線維は HS&Heat 群が有意に高値を示したが、タイプ II B 線維では有意差を認めなかった。

## 4. Hsp70 含有量 (図2)

Hsp70 含有量の平均値は、ヒラメ筋では Control 群が

0.23 ng/ $\mu$ g, Heat 群が 0.38 ng/ $\mu$ g, HS 群が 0.28 ng/ $\mu$ g, HS&Heat 群が 0.46 ng/ $\mu$ g であり、長趾伸筋では Control 群が 0.10 ng/ $\mu$ g, Heat 群が 0.40 ng/ $\mu$ g, HS 群が 0.14 ng/ $\mu$ g, HS&Heat 群が 0.55 ng/ $\mu$ g であった。そして、両筋ともに Heat 群, HS&Heat 群は Control 群, HS 群より有意に高値を示した。また、Control 群に比べ Heat 群は、ヒラメ筋では約 1.7 倍、長趾伸筋では約 4 倍の値を示し、同様に HS 群に比べ HS&Heat 群は、ヒラメ筋では約 1.6 倍、長趾伸筋では約 3.9 倍の値を示した。

## 考 察

実験1の結果、下腿三頭筋の筋内温度は温熱負荷を開始して 20 分後には 40℃に達し、それ以降は温熱負荷を終了するまで 40~41℃に保たれていた。つまり、筋細

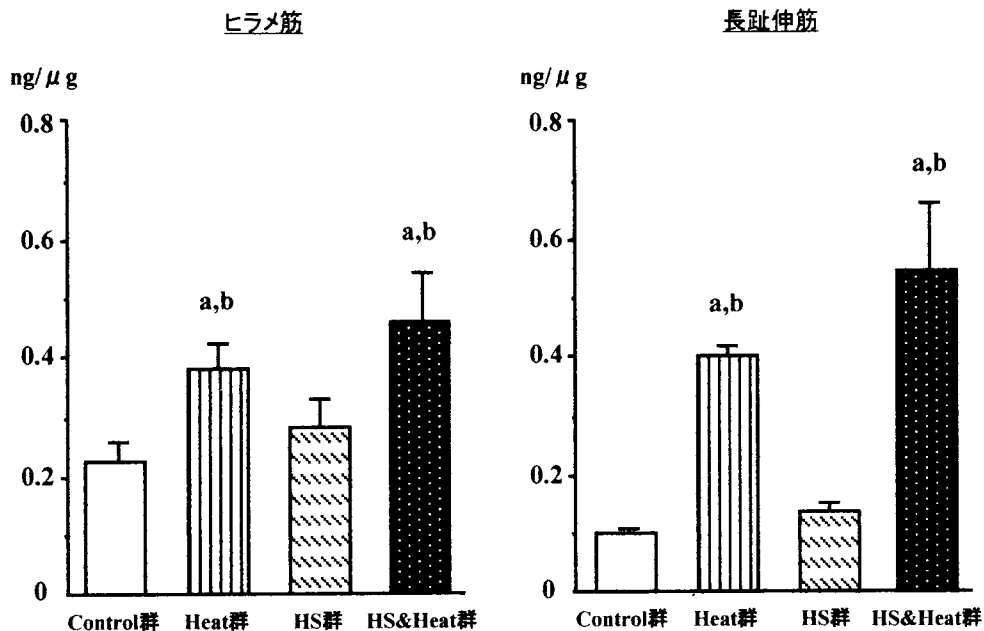
表2 筋線維直径の変化

	Control 群	Heat 群	HS 群	HS&Heat 群
ヒラメ筋				
Type I 線維	45.5 $\pm$ 9.1	46.6 $\pm$ 9.0	34.9 $\pm$ 7.8 <sup>a,b</sup>	37.7 $\pm$ 8.1 <sup>a,c</sup>
Type II A 線維	38.0 $\pm$ 7.7	37.6 $\pm$ 7.0	28.3 $\pm$ 6.6 <sup>a,b</sup>	32.0 $\pm$ 6.2 <sup>a,c</sup>
長趾伸筋				
Type I 線維	24.2 $\pm$ 5.4	25.1 $\pm$ 5.1	23.7 $\pm$ 5.1 <sup>b</sup>	26.8 $\pm$ 5.4 <sup>c</sup>
Type II A 線維	26.9 $\pm$ 5.3	27.2 $\pm$ 4.6	25.3 $\pm$ 4.5 <sup>b</sup>	29.2 $\pm$ 5.0 <sup>c</sup>
Type II B 線維	38.3 $\pm$ 10.6	38.1 $\pm$ 10.1	33.7 $\pm$ 8.3 <sup>a,b</sup>	34.4 $\pm$ 7.4

平均値  $\pm$  標準偏差。

単位:  $\mu$ m。

<sup>a</sup>: Control 群との有意差。 <sup>b</sup>: Heat 群との有意差。 <sup>c</sup>: HS 群との有意差。



平均値  $\pm$  標準偏差

a: Control 群との有意差, b: HS 群との有意差

図2 Hsp70 含有量の変化

胞内においてHsp70が発現するためには通常40℃以上になることが必要とされるが<sup>12)</sup>、今回の温熱負荷の方法でも筋細胞は十分に加温され、この条件下となっていると推測される。そして、実験2において実際に筋内のHsp70含有量を調べた結果、温熱負荷したHeat群、HS&Heat群のそれはヒラメ筋、長趾伸筋ともにControl群、HS群より有意に高値を示した。したがって、ヒラメ筋、長趾伸筋とも温熱負荷によってHsp70が発現していることは明らかである。

次に、今回のControl群やHS群のHsp70含有量の結果をみると、遅筋線維が主であるヒラメ筋に比べ速筋線維が主である長趾伸筋の方が少なく、この結果はLockeらの報告<sup>9)</sup>と同様であった。すなわち、Lockeら<sup>9)</sup>によれば、非ストレス状態でのHsp70のアイソフォームは、遅筋線維が主であるヒラメ筋に比べ速筋線維が主である腓腹筋は少なく、加えて、甲状腺ホルモンを投与したラットヒラメ筋には、タイプII b ミオシン重鎖の含有量増加を認め、これに準拠してHsp70含有量は減少すると報告している<sup>13)</sup>。そして、これらの結果を基にHsp70の発現は遅筋線維の組成に比例し、酸化能力を有する遅筋線維に何らかの生理的役割を果たしている<sup>9)13)</sup>と結論付けている<sup>9)13)</sup>。

一方、今回の結果では、Heat群、HS&Heat群の各筋のHsp70含有量はControl群、HS群に比べヒラメ筋では約2倍、長趾伸筋では約4倍の値となり、温熱負荷によるHsp70の発現は長趾伸筋で著しかった。そして、内藤らもラットにトレッドミル走行による運動負荷を行い、ヒラメ筋と長趾伸筋におけるHsp70の発現量増加を比較しているが、この結果でも長趾伸筋に著しい増加を認めている<sup>10)</sup>。すなわち、熱ストレスや運動負荷に伴う酸化ストレスによるHsp70の発現は、遅筋線維よりも速筋線維で顕著であると推測され、これは、速筋線維のHsp70含有量が潜在的に少ないため、ストレスに対して比較的に多量のHsp70を発現する必要があるためと思われる<sup>10)</sup>。つまり、このような変化はストレス環境に対する細胞適応反応の一種であると推察される。

次に、今回のHS群のヒラメ筋の結果をみると、筋湿重量、相対重量比、ならびにタイプI・II A線維の筋線維直径すべてControl群より有意に低値で、ヒラメ筋を構成するほぼすべての筋線維はHSによって廃用性筋萎縮が惹起されたといえる。これに対し、HS群の長趾伸筋の結果をみると、筋湿重量とタイプII B線維の筋線維直径はControl群より有意に低値であるものの、相対重量比やタイプI・II A線維の筋線維直径はControl群との間に有意差を認めなかった。つまり、HSによる長趾伸筋の廃用性筋萎縮の惹起はタイプII B線維のみに認められ、タイプI・II A線維に対してはHSの影響は少ないといえよう。そして、この廃用性筋萎縮の進行

過程で温熱負荷を行ったHS&Heat群の結果をみると、ヒラメ筋は筋湿重量、相対重量比、ならびにタイプI・II A線維の筋線維直径が、長趾伸筋は筋湿重量、相対重量比、ならびにタイプI・II A線維の筋線維直径がHS群より有意に高値を示した。したがって、温熱負荷はタイプI・II A線維の廃用性筋萎縮の進行抑制に対して効果があることがうかがえ、このメカニズムは先行研究と同様、Hsp70の作用によるものと推察される<sup>7)8)</sup>。すなわち、今回の結果でも明らかのようにヒラメ筋、長趾伸筋は温熱負荷によってHsp70が発現しており、Hsp70の分子シャペロン機能や損傷タンパク質の修復機能の促進によってタンパク質の合成低下と分解亢進が抑制され、筋線維萎縮の進行抑制につながったと考えられる<sup>7)8)</sup>。

一方、HSによって廃用性筋萎縮が惹起された長趾伸筋のタイプII B線維の筋線維直径は、HS&Heat群とHS群間で有意差を認めなかった。つまり、温熱負荷はタイプII B線維の廃用性筋萎縮の進行抑制に対して効果がないと推測される。Neuferら<sup>14)</sup>によれば、ウサギの腓骨神経を21日間持続的に電気刺激し、前脛骨筋のHsp70の発現状況を経時的に検索した結果、刺激開始から1～3日目のHsp70含有量は対照群の3～9倍となり、筋線維タイプ別にはタイプI・II A線維のみにHsp70の発現が認められるが、21日目にはHsp70含有量が対照群の20倍となり、タイプII B線維にもHsp70の発現が認められたと報告している。そして、今回の実験は温熱負荷の実施期間が1週間であり、このこととNeuferらの報告<sup>14)</sup>を併せて考えると、HS&Heat群の長趾伸筋に認められたHsp70含有量の増加は、タイプI・II A線維でのHsp70の発現が反映していると思われる。また、温熱負荷の実施期間が1週間と短いため、タイプII B線維にHsp70の発現が少なく、これが筋線維萎縮の進行抑制効果を認めなかった要因ではないかと推察される。しかしながら、今回の実験では、筋線維タイプ別のHsp70の発現状況や温熱負荷の実施期間の影響などについては明らかにできておらず、今後は免疫組織化学的方法なども加えこれらの点について検討していきたい。

## 文 献

- 1) 阪井康友, 永田博司: 不動による筋ミトコンドリアの異常. 総合リハ 30: 127-135. 2002.
- 2) Thomason DB, Biggs RB. *et al.*: Protein metabolism and  $\beta$ -myosin heavy-chain mRNA in unweighted soleus muscle. *Am J Physiol* 257: R300-R305. 1989.
- 3) Ku Z, Thomason DB: Soleus muscle nascent polypeptide chain elongation slows protein synthesis rate during non-weight-bearing activity. *Am J Physiol* 267: C115-C126. 1994.
- 4) Ku Z, Yang J. *et al.*: Decreased polysomal HSP-70 may slow polypeptide elongation during skeletal muscle atro-

- phy. *Am J Physiol* 268: C1369-C1374, 1995.
- 5) Sen CK, Packer L, *et al.*: Exercise and Oxygen Toxicity. Elsevier, Amsterdam, 1994, pp319-342.
  - 6) Dean RT, Fu S, *et al.*: Biochemistry and pathology of radical-mediated protein oxidation. *Biochem J* 324: 1-18, 1997.
  - 7) Naito H, Powers SK, *et al.*: Heat stress attenuates skeletal muscle atrophy in hindlimb-unweighted rats. *J Appl Physiol* 88: 359-363, 2000.
  - 8) 沖田 実, 中居和代・他: 廃用性筋萎縮の予防方法としての温熱負荷の影響に関する研究. *理学療法学* 31: 63-69, 2004.
  - 9) Locke M, Noble EG, *et al.*: Inducible isoform of HSP70 is constitutively expressed in a muscle fiber type specific pattern. *Am J Physiol* 261: C774-C779, 1991.
  - 10) 内藤久上, 小林祐幸・他: 持久的トレーニングが若齢および老齢ラット骨格筋の熱ショックタンパク質の発現に及ぼす影響. *順天堂医学* 46: 203-210, 2000.
  - 11) Deveci D, Marshall JM, *et al.*: Relationship between capillary angiogenesis, fiber type, and fiber size in chronic systemic hypoxia. *Am J Physiol* 281: H241-H252, 2001.
  - 12) 内藤久士: 身体活動とストレス蛋白質. *日本臨床* 58(2000年増刊号): 97-101, 2000.
  - 13) Locke M, Atkinson BG, *et al.*: Shifts in type I fiber proportion in rat hindlimb muscle are accompanied by changes in HSP72 content. *Am J Physiol* 266: C1240-C1246, 1994.
  - 14) Neuffer PD, Ordway GA, *et al.*: Continuous contractile activity induces fiber type specific expression of HSP70 in skeletal muscle. *Am J Physiol* 271: C1828-C1837, 1996.

〈Abstract〉

**Effects of Heat Stress on Prevention of Disuse Muscle Atrophy in Rat Skeletal Muscle**

Hideki KATAOKA, RPT, Sachi YOSHIKAWA, RPT

*Department of Rehabilitation, Nagasaki Memorial Hospital*

Minoru OKITA, RPT

*Faculty of Care and Rehabilitation, Seijoh University*

Kazuyo NAKAI, RPT, Norika TOYODA, RPT, Yuka WATANABE, RPT

*Department of Rehabilitation, Nagasaki KITA Hospital*

Jiro NAKANO, RPT

*Nagasaki University, School of Health Sciences*

The aim of this study was to clarify the effects of heat stress on prevention of disuse muscle atrophy in rat skeletal muscle. Male SPF Wistar rats, 7 weeks old, were divided into the control (C), heat stress (H), hindlimb suspension (HS), and hindlimb suspension and heat stress (HSH) groups. Bilateral hindlimbs of H and HSH groups were immersed once daily in hot water (42 °C) for 60 min for 7 days. Soleus (SOL) and extensor digitorum longus (EDL) muscles were used for analysis. Heat shock protein 70 concentration of both muscles were significantly greater in the H and HSH groups compared to other groups. Types I and IIA fibers of the SOL and EDL muscles in the HSH group showed significant hypertrophy compared with the HS group, thus, heat stress can prevent disuse muscle atrophy. In the EDL muscle, however, the mean muscle fiber diameter for type IIB fiber did not differ from the HS group. Therefore, heat stress dose not affect atrophied type IIB fiber in EDL muscle.