

[ 研究区分： 科研費獲得支援 ]

研究テーマ： 有酸素運動と温熱療法の併用による骨格筋肥大	
研究代表者： 保健福祉学部 理学療法学科 助教・積山 和加子	連絡先： tsumiyama@pu-hiroshima.ac.jp
共同研究者：	
【研究概要】 今回、ラットを用いて一般的に筋肥大が起こらないとされる有酸素運動の運動強度であっても、温熱療法を併用することにより、筋肥大が可能かについて検討した。運動強度は嫌気性代謝閾値を基準とし4週間実施した。その結果、温熱療法を併用した有酸素運動は、廃用性筋萎縮予防には有効であるとしても健常筋に対しては十分な筋肥大効果が得られにくいことが分かった。	

## 【研究内容・成果】

### はじめに

内部障害者に対する運動療法の安全性の面から比較的運動強度の低い有酸素運動を行うが、有酸素運動の強度では、筋肥大を起こす刺激としては不足している<sup>2)</sup>。そのため、ガイドライン<sup>1)</sup>では、有酸素運動に加え筋力トレーニングも行うことを推奨している。しかし、筋力発揮に伴う強いメカニカルストレスや循環器系への負担により、内部障害者には十分な効果が得られにくい。したがって、過大な力学的負荷を用いることなく、安全かつ効果的に筋機能を改善する工夫が必要である。

近年、筋萎縮予防効果の無い程度の運動療法であっても、温熱療法を併用することにより筋萎縮予防が図れるという報告<sup>3)</sup>を認める。温熱負荷は、熱ショックタンパク質を誘発し、筋タンパク質合成の促進により骨格筋の萎縮が予防できる<sup>4)</sup>と考えられている。

しかし、温熱療法と有酸素運動を併用することによって健常筋の筋肥大が可能かについては明らかにされていない。そこで、どのような条件ならば筋肥大効果が認められるのか、ラットを用いた実験を行った。

### 方法

Wistar系雌性ラット12匹を対象とした。実験1)と実験2)において各6匹ずつ用いた。なお本実験は県立広島大学研究倫理委員会の承認を得て実施した(承認番号M11-0023)。

#### 実験1) 嫌気性代謝閾値の測定

エーテル麻酔下のラットの右外頸静脈にカテーテルを留置し、処置後2日間の回復を待って、トレッドミルにて運動負荷試験を行った。走行速度は10 m/minから開始し、2分毎に2 m/minずつ速度を増加させた。採血はカテーテルから安静時および2分毎に行った。血中乳酸濃度は携帯型血中乳酸濃度測定器(アークレイ社製)にて測定し、乳酸値解析ソフトウェア(アークレイ社製)を用いて乳酸濃度が安静時より上昇する点(乳酸性作業閾値)を求めた。

#### 実験2) 温熱療法を併用した運動療法

エーテル麻酔下で、水温を42℃に設定した恒温水槽にて右後肢のみ温水浴を20分施行した。温水浴終了後、ラット用トレッドミルでの有酸素運動を行った。トレッドミル速度は実験1の結果をもとに設定し、運動時間は10分とした。この条件での温熱療法と運動療法を1回/日の頻度で行い、4週間実施した。実験最終日に麻酔薬の過量投与にてラットを屠殺し、両側後肢の前脛骨筋、長趾伸筋、腓腹筋、ヒラメ筋を摘出した。各筋の筋湿重量を精密秤にて測定後、凍結固定して組織学的検討を行った。なお、4週間の実験期間中、ラットは飼育ケージ内を移動でき、水と餌は自由に摂取可能であった。

筋湿重量を温熱側と非温熱側で比較するためMann-Whitney検定を行い、危険率5%未満を

もって有意差を判定した。

## 結果

### 実験 1)

6 匹全てにおいて運動負荷試験中の血中乳酸濃度を測定することが可能であった。乳酸性作業閾値時点における走行速度は  $18.0 \pm 2.8 \text{ m/min}$  (16.1~22.8 m/min) であった。

### 実験 2)

前脛骨筋、長趾伸筋、ヒラメ筋は温熱側の筋湿重量が増大する傾向にあったが、有意差は認めなかった(表 1)。組織学的検討では、温熱側も非温熱側ともに異常所見は認めなかった。

## 考察

実験 1：本実験方法により運動中に連続採血を行うことができ、ラットの正確な乳酸性作業閾値を明らかにすることができた。

実験 2：温熱側は非温熱側に比べ筋湿重量が大きい傾向にはあったが、十分な筋肥大効果を得るまでには至らなかった。筋タンパク質合成を促す熱ショックタンパク質が発現するためには筋温が 40 度まで上昇する必要がある<sup>4)</sup>、今回用いた温熱療法の方法は先行研究<sup>5)</sup>をもとに実施した。また、運動療法の強度については嫌気性代謝閾値を基準とし、運動時間については先行研究<sup>3)</sup>により廃用性萎縮予防が可能であった時間で行った。今回の結果から温熱療法を併用した有酸素運動は、廃用性筋萎縮予防には有効であるとしても健常筋に対しては十分な筋肥大効果が得られにくいことが分かった。

表 1 実験終了時の筋湿重量 (単位：mg)

	温熱側	非温熱側
前脛骨筋	514.7 (498.8-615.2)	502.5 (461.6-557.6)
長趾伸筋	119.9 (105.0-138.2)	117.0 (109.0-128.0)
腓腹筋	1478.7 (1404.0-1756.0)	1486.9 (1343.0-1662.5)
ヒラメ筋	117.4 (89.1-123.3)	109.2 (99.0-124.0)

中央値 (最小値-最大値)

## 文献

- 1) 日本循環器学会・日本心臓病学会他合同研究班報告：心疾患における運動療法ガイドライン循環器病の診断と治療に関するガイドライン (2000~2001 年度合同研究班報告). Circulation J (Suppl IV) : 1177-124, 2002.
- 2) Kuno S. Itai Y. et.al: Influence of endurance training on muscle metabolism during exercise in elderly men. Adv Exerc. Sports Physiol 1(1) : 51-56, 1994.
- 3) Sakaguchi A, Ookawara T, et al: Inhibitory effect of a combination of thermotherapy with exercise therapy on progression of muscle Atrophy. J. Phys. Ther. Sci 22(1) : 17-22, 2010.
- 4) 内藤久士：身体活動とストレス蛋白質，日本臨床 58(増刊号)：97-101, 2000.
- 5) 片岡英樹，沖田 実・他：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．理学療法学 31(6)：331-336,, 2004

## 研究成果

Wakako Tsumiyama, Sadaaki Oki, Masao Tamaru, Takeya Ono, Michele Eisemann Shimizu, Akira Otsuka : Evaluation of the lactate threshold of rats using external jugular vein catheterization. J. Phys. Ther. Sci : 24(11), 1107-1109, 2012.